









HANDBUCH

DER

GEWEBELEHRE

DES MENSCHEN

VON

A. KOELLIKER

PROFESSOR DER ANATOMIE ZU WÜRZBURG.

SECHSTE UMGEARBEITETE AUFLAGE.

ERSTER BAND:

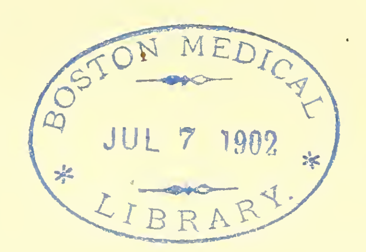
DIE ALLGEMEINE GEWEBELEHRE UND DIE SYSTEME DER HAUT,
KNOCHEN UND MUSKELN.

MIT 329 ZUM THEIL FARBIGEN FIGUREN IN HOLZSCHNITT U. ZINKOGRAPHIE.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1889.



Königl. Uuiversitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

VORWORT.

Nach einem Zwischenraume von 22 Jahren eine neue Auflage meiner Gewebelehre zu schreiben, war eine Aufgabe, zu der ich nur schwer mich entschloss. Nachdem aber einmal die Würfel gefallen waren, setzte ich alle Kraft daran, um das Unternehmen entsprechend durchzuführen und darf ich wohl sagen, dass diese 6. Auflage ein ganz neues Werk ist und in allen wesentlichen Punkten auf eigenen Untersuchungen beruht. Ob es mir gelungen ist, mit der Zeit fortzuschreiten, darüber mögen Andere entscheiden; mir schien ein Fortschritt, mit einem gewissen Festhalten am Alten gepaart, an vielen Orten gerade das Richtige zu sein.

Der zweite Band dieses Werkes, von etwas grösserem Umfange als der erste, wird im Jahre 1890 erscheinen, wenn Gesundheit und Kräfte dies gestatten.

Von den 140 neuen Zeichnungen dieses ersten Bandes stammt ein kleiner Theil (12) aus der Zeit, in der ich eine vergleichende

Gewebelehre herauszugeben beabsichtigte, die grosse Mehrzahl dagegen, nämlich 128, wurde in den letzten Jahren durch die bewährte Hand des Herrn C. Rabus nach der Natur dargestellt und durch die Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg und die Herren Angerer & Göschl in Wien in vorzüglichster Weise in Zinkotypie und Farbendruck ausgeführt.

Würzburg, 23. März 1889.

A. Koelliker.

Inhalts-Verzeichniss.

Spezielle Gewebelehre.

EINLEITUNG.

§ 1.

Die Lehre von dem feineren Baue der Pflanzen und Thiere ist eine Frucht der letzten drei Jahrhunderte und beginnt mit *Marcellus Malpighi* (1628 bis 1694) und *Anton v. Leeuwenhoek* (1632—1723) in der Zeit, in welcher zum ersten Male den Forschern stärkere Vergrösserungsgläser, wenn auch in noch sehr einfacher Form, an die Hand gegeben wurden. Doch kam die Gewebelehre im 17. und 18. Jahrhunderte nicht über die Bedeutung einer unzusammenhängenden Sammlung von mehr oder minder werthvollen Einzelerfahrungen heraus. Anders gestalteten sich die Verhältnisse in unseren Tagen und folgten der Verbesserung der Mikroskope, namentlich von den dreissiger Jahren an, die Entdeckungen so Schlag auf Schlag, dass es als ein wahres Glück zu betrachten ist, dass dieselben auch zugleich in einen solchen Zusammenhang kamen, dass die mikroskopische Anatomie der Gefahr entging, wie in früheren Zeiten in Einzelnheiten sich zu verlieren. Zuerst zeigten die Botaniker *Hugo v. Mohl* und *Schleiden*, dass alle Organe der Pflanzen ursprünglich aus wesentlich gleichen, einfachen Formelementen, den sogenannten Pflanzenzellen, bestehen, worauf dann im Jahre 1838 *C. Th. Schwann* den Nachweis lieferte, dass auch die Thiere anfänglich aus ähnlichen kleinsten Theilchen zusammengesetzt sind und aus solchen ihre verwickelteren Elementarformen hervorbringen. Seit dieser Zeit ist die Anatomie bemüht, die thierische Zelle nach allen Seiten auf ihren feinsten Bau, ihre Entstehung und ihre Umbildungen möglichst genau zu verfolgen und ist die Gewebelehre oder Histologie in den Rang der anatomischen Wissenschaften eingetreten.

§ 2.

Soll die Aufgabe der Gewebelehre genauer bezeichnet werden, so ist vor Allem nicht aus den Augen zu verlieren, dass dieselbe eigentlich nur die Betrachtung Einer der drei Seiten, welche an den Elementartheilen des Körpers ebensogut wie an den Organen zur Berücksichtigung kommen, nämlich der Form, sich zur Aufgabe setzt. Nur die einfachsten Formtheilchen aufzufassen und die Gesetze ihres Baues und ihrer Entwicke-

lung zu ergründen, ist das, worauf die Gewebelehre ausgeht, nicht aber eine Lehre von den Elementartheilen überhaupt zu sein. Mischung und Verrichtung derselben kommen daher eigentlich nur insoweit in Frage, als es sich darum handelt, ihre Beziehungen zur Entstehung der Formen und ihrer Mannigfaltigkeit aufzufinden. Alles was sonst von der Thätigkeit der fertigen Elemente und von ihren chemischen Verhältnissen in der Gewebelehre sich findet, ist entweder da, um die Bedeutung der morphologischen Verhältnisse zu beleuchten oder wird nur so lange als nahe verwandt mitgeführt, als der Verrichtung der Elementartheile nicht die gebührende Stelle eingeräumt wird und die Physiologie der Zelle nicht den Ausgangspunkt der gesammten Biologie darstellt. — Frägt man, wie die Gewebelehre den eben gestellten Anforderungen entspricht, so fällt die Antwort sehr bescheiden aus. Nicht nur besitzt dieselbe auch nicht ein einziges Gesetz, sondern es sind auch die Erfahrungen, aus denen dieselben abzuleiten wären, nach vielen Seiten so dürftig, dass nicht einmal eine grössere Zahl von allgemeinen Sätzen gesichert erscheint. Nichtsdestoweniger wäre es ungerecht, das schmälern und verkennen zu wollen, was seit *Schwann* gewonnen wurde. Stehen wir auch im Grossen und Ganzen immer noch auf dem Standpunkte dieses grossen Forschers, so haben wir doch, abgesehen von der mächtigen Zunahme der Thatsachen, namentlich im Gebiete der vergleichenden Gewebelehre und der Entwickelungsgeschichte der Gewebe, wichtige Erweiterungen seiner Lehren und bedeutungsvolle neue Errungenschaften aufzuweisen, als welche ich vor Allem folgende namhaft machen möchte:

1. Der von *Bergmann*, *Bischoff* und *mir*, später auch von *Leydig*, *M. Schultze* und *Brücke* gelieferte Nachweis, dass nicht alle Elementartheile der Thiere von Membranen umgebene Zellen darstellen, vielmehr auch viele hüllenlose solche Elemente (Protoblasten, *ich*) vorkommen.

2. Der durch die embryologischen Forschungen von *Reichert*, *mir* und *Remak* angebahnte und durch die pathologischen Untersuchungen von *Virchow* vervollständigte Beweis, dass eine freie Zellenbildung nicht vorkommt, vielmehr alle Protoblasten und Zellen in Abhängigkeit von einander entstehen (*Omnis cellula e cellula*, Virchow).

3. Die Entdeckung der Uebereinstimmung des ursprünglichen Zelleninhaltes (*Protoplasma*) thierischer und pflanzlicher Zellen und der allgemeinen Verbreitung der Kontraktilität desselben.

4. Der Nachweis, dass die einfachsten Thiere, ebenso wie die einfachsten Pflanzen, einzellig sind (*v. Siebold*, *ich*) und dass die Gewebsentwickelung im Thierreiche derjenigen bei den höheren Thierformen parallel geht.

5. Die genauere Analyse des feineren Baues von Zelleninhalt und Zellenkern und der Vorgänge bei der Zellentheilung.

Keine der hier angeführten neuen Errungenschaften ist der Art, dass sie den Beginn einer neuen Epoche in der Gewebelehre zu begründen vermöchte und wird dieser Stand so lange dauern, als es nicht gelingt, um ein Wesentliches weiter in die Tiefe des Baues der lebenden Wesen zu schauen und auch die Elemente zu erfassen, aus denen das, was wir jetzt noch für einfach halten, zusammengesetzt ist. Sollte es aber je möglich werden, auch die Moleküle zu entdecken, welche die Zellmembranen, die Muskelfibrillen, die Achsenfasern der Nerven u. s. w. bilden, und die Gesetze ihrer Aneinander-

lagerung und Veränderungen bei der Entstehung, dem Wachsthume und der Thätigkeit der jetzigen sogenannten Elementartheile zu ergründen, dann würde auch für die Histologie eine neue Zeit beginnen und der Entdecker des Gesetzes der Zellengenese oder einer Molekulartheorie ebenso oder noch gefeierter werden, als der Urheber der Lehre von der Zusammensetzung aller thierischen Gewebe aus Zellen.

Litteratur.

Ich führe hier nur die grösseren selbständigen Werke an, da die monographischen Arbeiten bei den einzelnen Abschnitten angegeben sind. Doch habe ich mit Bezug auf diese wegen des ungeheuren Anwachsens der Litteratur ganz davon absehen müssen, die in den früheren Auflagen angestrebte Vollständigkeit festzuhalten und nur das Allerwichtigste angeführt, was um so leichter geschehen konnte, als sorgfältige Jahresberichte und die Litteraturverzeichnisse im zoologischen und anatomischen Anzeiger in Aller Hände sind. Wo immer möglich wurde auch auf grössere, leicht zugängliche Zusammenstellungen verwiesen.

A. Neuere umfassende Handbücher und Atlanten.

Wagner, R., Icones physiologicae. 2. Aufl. bes. v. A. Ecker. Leipzig 1851–59.
v. Hessling Th. und *J. Kollmann*, Atlas der allgem. thierisch. Gewebelehre. Erste Lief. 11 Tafeln. Leipzig 1861. Zweite Lief. 17 Tafeln Ebend. 1862. (Nicht fortgesetzt!)
Leydig, Fr., Vom Baue des thierischen Körpers. Handb. d. vergl. Anat. Bd. 1, erste Hälfte. Tübingen 1864.
— Tafeln zur vergl. Anatomie. Heft 1. Tübingen 1864.
Kölliker, A., Icones histiologicae oder Atlas der vergl. Gewebelehre. Heft I 1864, Heft II Leipzig 1866.
Stricker, Handbuch der Lehre von den Geweben. 2 Th. Leipzig 1871/72.
Frey, H., Histologie und Histochemie. 5. Aufl. Ebend. 1876.
Klein, E. und *Smith*, Atlas of Histology T. I—VIII. London 1879.
Ranvier. L., Traité technique d'Histologie. 1875—1888, deutsch von *Nicati* und *H. v. Wyss*. Leipzig 1877—1888.
Robin, Ch., Anat. et Phys. cellulaire. Paris 1879.
Toldt, C., Lehrbuch der Gewebelehre. 3. Aufl. Stuttgart 1888.
Heitzmann, C., Mikroskopische Morphologie. Wien 1883.
Fol, H., Vergl. mikr. Anat. Lief. I. Mikr. Technik. Leipzig 1884.
Carnoy, J. B., La Biologie cellulaire. Fasc. I. Gent 1884.
Ellenberger, W., Handb. d. vergl. Histologie. I. Th. Berlin 1884.

Ferner die anatomischen Handbücher von *Henle*, *W. Krause*, *Schwalbe*, *C. Gegenbaur*, *Quain-Sharpey*, *Rauber*, *Sappey*, *Wiedersheim*, *Hatschek*, *A. Lang* und die physiologischen Lehrbücher von *Hermann*, *Landois*, *Grünhagen*.

B. Aeltere noch wichtige Werke.

Henle, Allgemeine Anatomie. Leipzig 1841.
Todd, R. B. und *W. Bowman*, The physiological anatomy and physiology of man. 2 Bde. London 1841–56.
New edit. by L. Beale. London 1866.
Kölliker, A., Mikroskopische Anatomie oder Gewebelehre des Menschen. 2. Bd. Spezielle Gewebelehre in 2 Hälften. Leipzig 1850—54.

Gerlach, Handbuch der Gewebelehre. 2. Aufl. Mainz 1854.
Leydig, *Fr.*, Lehrb. der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankf. 1857.

Ferner die Atlanten von:

Berres, Anatomie der mikroskopischen Gebilde des menschlichen Körpers. Heft 1—12, Wien 1836—42.
Donné, Cours de Microscopie, avec atlas, Paris 1844.
Hassall, *A. H.*, The Microscopic anatomy of the human body, London 1846—49.
Mandl, Anatomie microscopique, Paris 1838—57.
Queckett, Catalogue of the histological series in the royal college of surgeons of England. Vol. I. London 1850. Vol. II. 1855.

C. Werke, die die Gewebelehre und die Technik, z. Th. auch das Mikroskop oder das letztere allein betreffen.

Exner, Leitfaden b. d. Untersuchung thierischer Gewebe. 2. Aufl. Leipzig 1878.
Friedländer, *C.*, Mikr. Technik. 3. Aufl. Berlin 1886.
Dippel, *L.*, Grundz. d. allg. Mikroskopie. Braunschweig 1885.
Schenk, *S. L.*, Grundr. d. norm. Histologie. Wien 1885.
Brass, *A.*, Kurzes Lehrb. d. Histologie. Leipzig 1885—87.
Bizzozero, Handb. der klin. Mikroskopie. Erlangen 1887.
Klein, *E.*, Elements of Histology. London 1883. Deutsch nach der 4. Aufl. v. *A. Kollmann*. Leipzig 1886.
Orth, Kursus der normalen Histologie. 5. Aufl. Berlin 1888.
Stöhr, *Ph.*, Lehrb. d. Histol. und d. mikr. Anat. u. Technik. 2. Aufl. Jena 1888.
Schäffer, Histology descriptive and practical. 2. edit. London 1887, deutsch von *W. Krause*. Leipzig 1888.
Ellenberger, Grundriss d. vergl. Histologie d. Haussäugethiere. Berlin 1888.
Mayer, *Sigm.*, Histologisches Taschenbuch. Prag 1887.
Harting, Het Mikroskoop, deszelfs gebruik, geschiedenis en tegenwoordige toestand Utrecht 1848—54 4 Thle., deutsch von *F. W. Theile*, Braunschweig 1866.
Nägeli, *C.* und *S. Schwendener*, Das Mikroskop. 2. Aufl. Leipzig 1877.
Frey, *H.*, Das Mikroskop und die mikroskopische Technik. 8. Aufl. Leipzig 1886.
Vogel, *J.*, Das Mikroskop. 4. Aufl. b. v. *O. Zacharias*. Leipzig 1884.
Beale, *L.*, How to work with the microscope 5. Aufl. London 1879 und the microscope and its application to practical medicine. 4. Aufl. Ebenda. 1877.

Ausserdem mache ich noch von Antoren ähnlicher Werke namhaft: *J. A. Fort*, *C. Morel*, *Cadiat*, *Pouchet et Tourneux*, *Ditlevsen*, *Rutherford*, *Ch. Robin*, *Duval*, *Stirling*, *Eternod*, *Francotte*, *Gérard*, *Latteux*, *Bolles Lee et Henneguy*, *Ramón y Cajal* (spanisch), *Mihalkovicz* (ungarisch), *Hoyer*, *Lawdowski*, *Owsjannikow* und *Peremeschko* (russisch), *Thanhoffer*.



Allgemeine Gewebelehre.

I. Von den Elementartheilen.

§ 3.

Untersucht man die festen und flüssigen Bestandtheile des menschlichen Körpers mit Hilfe stärkerer Vergrösserungen, so zeigt sich, dass die mit blossem Auge sichtbaren kleinsten Theile derselben, wie Körner, Fasern, Röhren, Häute, noch nicht die letzten Formbestandtheile sind, dass vielmehr alle, neben einer überall verbreiteten, ganz flüssigen oder halbweichen, oder selbst festen Zwischensubstanz, noch kleine Formtheilchen enthalten, die nach den Organen verschieden sind und in gleichen Organen immer in gleicher Weise wiederkehren. Diese sogenannten Elementartheile sind mannigfacher Art, doch ergiebt eine genauere Erforschung vor Allem ihrer Entwickelung, dass die bei weitem überwiegende Mehrzahl derselben auf eine einfache Grundform, kernhaltige, hüllenlose oder mit Membranen versehene kugelige mikroskopische Körper, die *Protoblasten* von *mir* und die Zellen von *Schleiden* und *Schwann*, zurückzuführen ist, welche nicht nur als der Ausgangspunkt eines jeden pflanzlichen und thierischen Körpers erscheinen, sondern auch, entweder als solche oder nach Eingehung verschiedenartiger Umwandlungen, den vollendeten thierischen Leib zusammensetzen und in den einfachsten pflanzlichen und thierischen Bildungen (einzelligen Thieren und Pflanzen) sogar Selbständigkeit besitzen. Verglichen mit diesen *Protoblasten* und ihren Abkömmlingen sind die anderen noch vorkommenden Elementarformen, nämlich die in den Zwischensubstanzen enthaltenen Körner, Bläschen und Fasern von geringerer Bedeutung, wenn auch zugegeben ist, dass dieselben an der Formbildung einen bestimmten, oft nicht unwichtigen Antheil nehmen und auch in geringem Grade an den Lebensvorgängen sich betheiligen, und kann von einer Betrachtung derselben hier um so eher Umgang genommen werden, als dieselben alle bei den einzelnen Geweben zur Besprechung kommen werden.

Von den Protoblasten und Zellen.

§ 4.

Die Grundformen der Thiere sind kugelige Körper von 10—30 μ[1]) mittlerer Grösse, an denen zwei Haupttheile zu unterscheiden sind und zwar ein im Inneren gelegener kugeliger Körper, der Kern, *Nucleus*, und eine umhüllende Rinde, der Keimstoff, *Protoplasma*. Bei gewissen Elementen der Art kommt im Laufe der Entwickelung noch ein dritter Bestandtheil, eine umhüllende Membran, dazu. Solche Elemente heissen dann Zellen oder *Cytoden*, *cellulae*, und die Hülle Zellmembran während für die membranlosen einfacheren Gebilde die Bezeichnung Zellenkeime, *Cytoblasten*, oder Urkeime, *Protoblasten* sich empfiehlt. Andere Bezeichnungen für die Elementartheile der Organismen sind: Elementarorganismen, *Brücke*; Biomeren, Plastiden (*Häckel*); Bioplasten (*Elsberg*, *Heitzmann*).

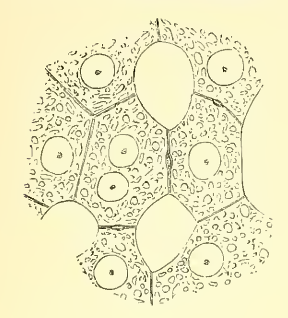


Fig. 1.

Diese Zellen und Zellenkeime nun, die als mit besonderen Verrichtungen begabt und der Stoffaufnahme und Verarbeitung, des Wachsthums, der Kontraktion und Vermehrung fähig zu denken sind, müssen als die wesentlichen Formeinheiten des Körpers aufgefasst werden, insofern als jedes Thier ursprünglich aus Einer Zelle, dem Eie, besteht und alle mehrzelligen höheren Geschöpfe in unmittelbarer Formfolge aus der ersten Eizelle alle ihre späteren Elementartheile ableiten, mögen dieselben auch noch so zusammengesetzt sein. Allein nicht bloss vom anatomischen, auch vom physiologischen Gesichtspunkte aus erscheinen die Zellen als die wahren und ursprünglichen Einheiten der organischen Natur und wird jede wissenschaftliche Darstellung der Lebensvorgänge von ihnen auszugehen haben.

Das genauere Studium der Elementartheile der Thiere beginnt erst 1838 mit *Schwann*, der im Anschlusse an die Botaniker, die gefunden hatten, dass der pflanzliche Organismus ganz und gar aus bläschenförmigen mikroskopischen Gebilden, den Pflanzenzellen, sich aufbaut, den Satz aufstellte, dass auch der thierische Körper aus solchen Gebilden sich anlege und bestehe. Seit dieser Zeit wurde der Erforschung der kleinsten Formtheilchen eine immer grössere Sorgfalt gewidmet, wobei sich dann zeigte, dass die *Schwann'sche* Zellentheorie nach verschiedenen Seiten einer Vervollkommnung fähig sei. Den ersten Fortschritt nach einer neuen Richtung begründeten die in die Jahre 1841—1843 fallenden Untersuchungen von *Bergmann*, *Bischoff* und *mir*, denen zufolge die ersten Elemente, welche bei der embryonalen Entwickelung der Ba-

Fig. 1. Einige Leberzellen des Kaninchens aus einem in Canadabalsam aufbewahrten Schnitte einer in Alkohol erhärteten Leber. Vergr. 570. Man sieht 3 Querschnitte von Gallenkapillaren an den Grenzflächen dreier Leberzellen. Die grösseren Lücken sind die Blutgefässräume.

[1]) Alle kleinen Grössen sind in Mikromillimetern oder Mikra angegeben, die mit μ bezeichnet werden. Es ist 1 μ = 0,001 mm; 10 μ = 0,010 mm; 100 μ = 0,100 mm; 1,5 μ = 0,0015 mm.

trachier, Säuger und Nematoden aus dem Dotter sich bilden, keine Zellen, sondern hüllenlose Klümpchen von Dotter mit einem Zellenkerne sind. Später wurden dann diese Elemente, die sogenannten Furchungskugeln, von *mir* einer ausführlichen Untersuchung unterzogen (Entwickl. d. Cephalopoden 1844) und unter den Namen Umhüllungskugeln als eine eigenthümliche Art Elementarkörper den Zellen an die Seite gestellt. Ich zeigte an der Hand der Entwickelungsgeschichte, dass bei allen Geschöpfen mit Furchung des Dotters die ersten Elemente des Thierleibes hüllenlose zellenartige Gebilde sind und wies nach, dass ein guter Theil dieser Elemente in den späteren Stadien der Entwickelung durch Anbildung einer Hülle in wirkliche Zellen sich umwandelt. Ausserdem machte ich aber auch auf die Möglichkeit aufmerksam, dass an gewissen Orten hüllenlose Elemente die embryonale Periode weit überdauern und vielleicht selbst in andere Elemente, wie Muskelfasern, übergehen, ohne jemals zu wirklichen Zellen geworden zu sein, oder selbst noch im ausgebildeten Organismus in dem primitiven Zustande von Umhüllungskugeln sich finden (l. c. bes. St. 151—153).

Von diesen Aufstellungen verschafften sich diejenigen, die auf die Natur embryonaler Elemente sich bezogen, nach und nach ziemlich allgemeine Anerkennung, wogegen die Frage, welche hüllenlosen Elementartheile die embryonale Periode überdauern, für eine gewisse Zeit mehr in den Hintergrund trat und erst viel später durch das Studium der einfachsten Thiere und Pflanzen ein anderes Ansehen gewann.

Was die Thiere anlangt, so stellte sich heraus, einmal dass die einfachsten Formen derselben den Werth von Zellen haben (*Siebold*, *ich*) und zweitens, dass der Körper vieler derselben keine umhüllende Membran zeigt und die Natur einfacher Protoblasten besitzt. Hierher gehören vor Allem die *Rhizopoden*, von denen, schon in der Zeit vor *Schwann*, *Dujardin* — ohne ihre einfache Zellennatur zu kennen — 1835 gezeigt hatte, dass sie aus gleichartigem kontraktilem Stoffe, der sogenannten *Sarcode*, bestehen, ein Ausspruch, der dann auch durch die mit besonderer Rücksicht auf die Zellentheorie *Schwann's* angestellten Untersuchungen von *mir* an *Actinosphaerium* und von *M. Schultze* bei verschiedenen Gattungen des süssen und salzigen Wassers bestätigt wurde. Aehnliches ergab sich auch für viele Infusorien durch die Untersuchungen von *Stein*, *M. Schultze* und *mir*.

Eine fernere bedeutungsvolle Entdeckung war, dass bei entschieden vielzelligen Geschöpfen Gewebe vorkommen, die keine Spur von Membranen an den sie zusammensetzenden Elementen erkennen lassen, wie bei den *Spongillen* nach *Lieberkühn* und vielen Meerschwämmen nach meinen Beobachtungen.

Endlich kann hervorgehoben werden, dass auch bei den Pflanzen, bei denen Zellmembranen eine so allgemein verbreitete Erscheinung sind, Elemente bekannt wurden, die derselben entbehren, wie bei den Schwärmsporen der Algen und Pilze und den Jugendstadien der *Mycetozoen*. Ja selbst Verschmelzungen zellenartiger Körper zu grösseren Massen, sog. *Plasmodien*, fanden sich bei den letztgenannten Organismen, wie bei den *Spongien*.

Angesichts dieser Thatsachen gewannen nun auch die oben erwähnten älteren Erfahrungen über die Elemente von Embryonen und manche vereinzelte Beobachtungen über die Formtheilchen ausgebildeter höherer Thiere (Nervenzellen, Elemente der glatten Muskeln, tiefste Oberhautzellen, Lymphkörperchen u. a.) eine erhöhte Bedeutung und so gelangten dann 1856 *Leydig*, 1861 *M. Schultze*, *Brücke* und *L. Beale* dazu, der Zellmembran jede grössere Bedeutung abzusprechen und sogar, wie *Brücke*, so weit zu gehen, selbst den Kern nicht als wesentlichen Bestandtheil der Elementarorganismen anzusehen.

Am einflussreichsten und am meisten ins Einzelne gehend waren unter diesen neuen Aufstellungen die von *M. Schultze*. Nach demselben gehört zum Begriffe einer Zelle zweierlei: ein Kern und *Protoplasma*, welche beide Theilprodukte der gleichen Bestandtheile einer anderen Zelle sein müssen. *Sch.* stützt sich bei dieser Behauptung vor Allem auf die Embryonalzellen, die er als das wahre Urbild der Zellen betrachtet und von denen er, wie *Bergmann*, *Bischoff* und *ich*, behauptet, dass sie keine Hüllen besitzen, welche somit als etwas nicht nothwendig zur Zelle gehöriges anzusehen seien. Ferner stellt er den Satz auf, dass nur Zellen ohne Hülle als Ganze durch Theilung sich vervielfältigen, so wie dass die Bildung einer Membran an der Oberfläche des *Protoplasma*

eher ein Zeichen beginnenden Rückschrittes sei, so dass man die Behauptung vertheidigen könnte, die Zellmembran gehöre so wenig zum Begriffe der Zelle, dass sie sogar als Zeichen herannahender Dekrepidität oder doch wenigstens eines Stadiums zu betrachten sei, auf welchem die Zelle in den ihr ursprünglich zukommenden Lebensthätigkeiten bereits eine bedeutende Einschränkung erlitten habe.

Diese Darlegungen von *Sch.* enthalten, wie die früheren von *Leydig*, unstreitig viel Wahres, allein auf der anderen Seite ist doch auch nicht zu verkennen, dass dieselben an grosser Einseitigkeit leiden. Nicht nur nehmen dieselben keine Rücksicht auf die Pflanzen, bei denen Zellmembranen als geradezu typisch zu bezeichnen sind, sondern vernachlässigen auch die sehr zahlreichen Fälle, in denen auch an thierischen Elementen, die in voller Lebensthätigkeit sich finden, Hüllen vorkommen, wie bei den meisten Epithelien, den Fettzellen, rothen Blutzellen, vielen Drüsenzellen, den Knorpelzellen, vielen Muskelzellen, der einfachen thierischen Organismen nicht zu gedenken, bei denen, wie bei den Gregarinen und vielen Infusorien, ebenfalls begrenzende Membranen sich finden.

Erwägt man alle Verhältnisse, so ergiebt sich, dass die Wahrheit in der Mitte liegt und erachte ich es als mein Verdienst, in der 4. und 5. Auflage dieses Werkes (1863, 1867) und in meinen *Icones histiologicae* I (1864) eine vermittelnde Stellung eingenommen zu haben, die in folgenden Sätzen gipfelt:

Die Zelle hat, wie jeder Organismus und das Thierreich, ihre Entwickelung und ihre Geschichte und kann demnach der Begriff derselben nicht aus einer einzigen ihrer Erscheinungsformen, sondern nur aus der Gesammtheit derselben abgeleitet werden. Verfolgen wir von diesem Grundgedanken ausgehend die verschiedenen Stufen im Leben der Zellen, wie sie vor allem bei der embryonalen Entwickelung und bei den niedersten Organismen sich zeigen, so ergeben sich folgende:

1. Das Stadium einer kernlosen Kugel von *Protoplasma* oder des kernlosen *Protoblasten*, wie dasselbe vielleicht bei den einfachsten Thieren (*Moneren*, *Häckel* z. Th.) und wahrscheinlich bei den kleinsten pflanzlichen Organismen (*Mikrokokken*) gefunden wird. Alle anderen einzelligen Organismen und alle Elementartheile der höheren Lebewesen besitzen Kerne.

2. Die Stufe der kernführenden *Protoplasma*-Kugel ohne Hülle oder des kernhaltigen *Protoblasten*, wie sie bei den Furchungskugeln aller Geschöpfe sich zeigt;

3. das Stadium der echten Zelle mit Hülle, *Protoplasma* und Kern, wie sehr viele Elemente ausgebildeter Thiere und alle der Pflanzen es darstellen;

4. endlich die Stufe der umgewandelten Zelle, auf welcher einer oder mehrere Bestandtheile der Zelle eine wesentliche Umänderung erlitten haben.

Hier ergeben sich zwei Unterabtheilungen und zwar:

a) Zellen, die eine höhere Ausbildung erreicht haben und als höhere Elementarorganismen sich bezeichnen lassen, wie die vielkernigen Muskelzellen, die Nervenzellen, die einzelligen Thiere und Pflanzen.

b) Zellen, die einen oder mehrere ihrer Bestandtheile verloren haben, wie den Kern oder das *Protoplasma* oder beides (rothe Blutzellen der Säuger, Schüppchen der Oberhäutchen der Haare und der inneren Wurzelscheide).

Eine neue Auffassung der Elemente der Organismen hat *Heitzmann* (Mikrosk Morphologie 1883) anzubahnen versucht, indem er behauptet, dass alle Elementartheile der Thiere und Pflanzen untereinander zusammenhängen, so dass der Körper auch der höchsten Organismen Ein Individuum, d. h. nur eine einzige kolossale Elementarform und nicht einen Komplex von solchen darstelle. Ausgenommen sind nur die Elemente des Blutes, die den isolirten Körnern einer Amoebe verglichen werden, die in deren Vacuolen schwimmen. Die Unterschiede der Gewebe beruhen nach *Heitzmann* nur auf der Gegenwart einer leblosen interstitiellen oder Grundsubstanz, die als Produkt der leblosen *Protoplasma*-Flüssigkeit anzusprechen sei, während die lebende Materie selbst vorwiegend als Netzwerk von wechselnder Gestalt erscheint und im Gesammtkörper nirgends unterbrochen ist (l. c. S. 58).

Hierzu bemerke ich folgendes: Es ist ganz unzweifelhaft, dass sehr viele Elemente des thierischen Organismus keinerlei Verbindungen unter einander eingehen und ganz selbständig sind. Als solche mache ich namhaft: a) die Elemente des Blutes und vieler

Drüsensäfte, b) die typischen quergestreiften und glatten Muskelfasern, c) die Fettzellen, d) viele Epithelzellen mit Membranen, wie die Darmcylinder, die Drüsenepithelien, die Linsenfasern u. s. w., e) alle Epidermiszellen in ihren Beziehungen zum mittleren Keimblatte mit Ausnahme vielleicht der sogenannten Nervenendzellen, f) viele Knorpelzellen, die Zellen der *Chorda dorsalis*, g) die Eier und Samenzellen, h) die Furchungskugeln vieler Embryonen.

Auf der anderen Seite ist längst bekannt, dass bei Thieren auch Elemente vorkommen. die untereinander zu einem Netzwerke verbunden sind und wusste man lange vor *Heitzmann*, dass die Protoblasten oder Zellen der Bindesubstanz, wie die des Bindegewebes, der Knochen und Zähne, aufs reichlichste untereinander sich verbinden. Auch von gewissen Muskelfasern (Insekten) und Epithelzellen (Schmelzorgan, Epithel der *Graaf*'schen Follikel des Barsches), endlich von den Elementen niederer Thiere (*Spongien*) war Aehnliches bekannt. Ebenso wurde für viele Pflanzenzellen ohne Zuthun *Heitzmann's* nachgewiesen, dass dieselben, d. h. deren Inhalt, durch sehr zarte Fäden verbunden ist (Siehe *J. Sachs*, Flora 1863, S. 68; *Hanstein*, die Milchsaftgefässe, 1864, S. 93; *Tangl*, Jahrbücher von *Pringsheim*, 1880; *Gardiner*, *Russow*, *Strasburger*, *Schmitz* u. v. a.). *Heitzmann* hat diesen Thatsachen nichts Neues beigefügt, denn was er über Verbindungen der Knorpelzellen aussagt, ist sehr wenig beweisend, dagegen kann er allerdings unbeanstandet das zweifelhafte Verdienst sich zuschreiben, Verhältnisse, die in bestimmten Geweben vorkommen, ohne zwingende Gründe verallgemeinert und den Versuch unternommen zu haben, die Gewebelehre in eine neue Schablone zu zwängen, die sicherlich weniger einladend ist, als die, die er bekämpft.

Ich für mich betrachte immer noch die kernhaltigen Elemente der Thiere und Pflanzen, die Protoblasten und Zellen und ihre Abkömmlinge, mögen dieselben unter einander zusammenhängen oder nicht, als anatomische und physiologische Einheiten, als wirkliche organische Grundformen, die durch eigene Thätigkeit sich erhalten und weiter bilden. Für mich ist eine Cellularphysiologie, wie man die Lehre von den normalen Verrichtungen der Zellen und ihrer Abkömmlinge nennen kann, an der seit *Schwann* alle einsichtsvollen Histologen und auch manche Physiologen gearbeitet haben, der wahre Ausgangspunkt der biologischen Forschung und, ebenso wie für die krankhaften Störungen die von *Virchow* ins Leben gerufene Cellularpathologie, die Angel, um die jede weitere Erkenntniss in diesem Gebiete sich dreht.

§ 5.

Grösse und Form der Protoblasten und Zellen. Die Grundform dieser Theile ist die Kugel, die allen Elementen auf ihren ersten embryonalen

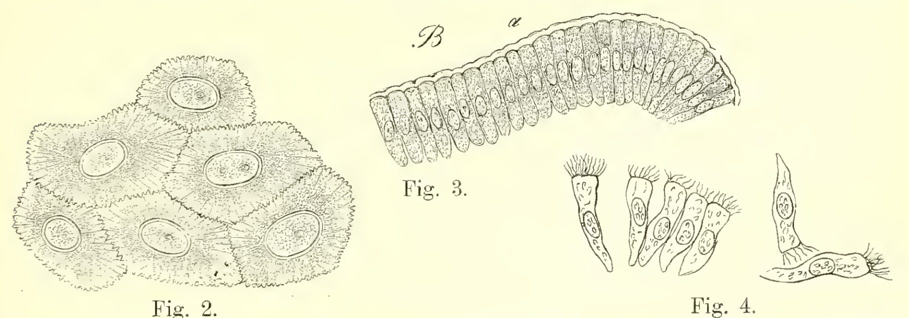


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Stufen und vielen derselben (Fettzellen, viele Drüsensaftzellen, farblose Blutzellen u. s. w.) beständig zukommt. Von den sonst noch auftretenden Gestalten

Fig. 2. Einige Zellen der mittleren Lagen des Epithels der menschlichen Zunge, die durch Stachelchen und Riffe ineinandergreifen. Verg. 570.

Fig. 3. Epithel der Darmzotten des Kaninchens, 350 Mal vergr.

Fig. 4. Flimmerzellen aus den feineren Bronchien, 350 Mal vergr.

sind die gewöhnlichsten: 1. Die Linsen- oder Scheibenform (rothe Blutzellen, Epithel- und Epidermisschüppchen) (Fig. 2); 2. die Säulenform (Fig. 3) (Pflasterepithel-, Cylinderepithelzellen); 3. die Kegelform oder Pyramidenform (Becherzellen, Flimmerzellen z. Th.) (Fig. 4); 4. die Spindelform (viele Epithelzellen, *Epithelium spurium* der Gefässe) (Fig. 5); 5. die Sternform (Bindegewebskörperchen, multipolare Nervenzellen) (Fig. 6).

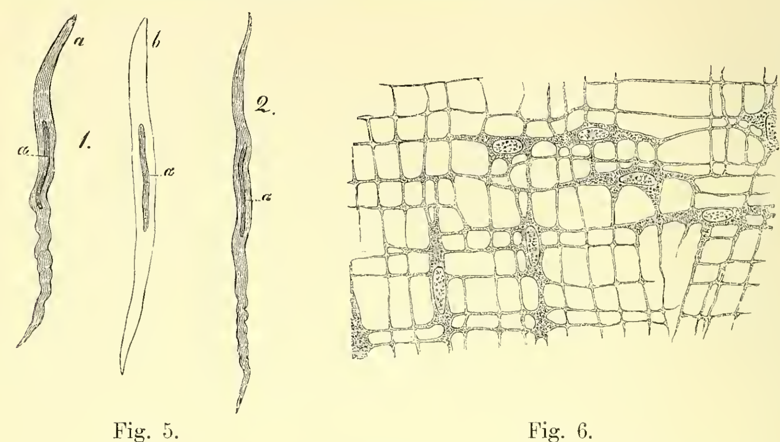


Fig. 5. Fig. 6.

Die Grösse der einfachen Zellen sinkt auf der einen Seite, wie bei vielen jungen Elementen, den Blutzellen, den lymphoiden Zellen bis zu 4—6 μ herunter und erreicht auf der anderen Seite, wie bei den Cysten des Samens und den Nervenzellen die von 40 — 80 μ und bei den Eiern der Säuger die von 0,2 mm. Die grössten thierischen Zellen sind gewisse Drüsenzellen von *Lernanthropus* von 0,11 : 0,05 mm (*Heider*), die Zellen der Speichel- und Spinndrüsen von Insekten, die bis 0,2 mm messen, gewisse Zellen der Luftsäcke von *Siphonophoren* von 1,0—1,5 mm (*Chun*), die Achsenzelle der *Dicyemiden* von 5—7 mm Länge und die Dotterzellen oder Eier, namentlich der Vögel, Amphibien und Fische, ferner viele einzellige Thiere, die wie die *Gregarina gigantea* (*E. v. Beneden*) 16,0 mm Länge und bei den *Radiolarien* und *Foraminiferen* noch bedeutendere Durchmesser erreichen. Bei den Pflanzen messen die grössten Zellen höherer Organismen, wie die Bastzellen und Samenhaare 2,0 — 5,0 cm, die Pollenschläuche bis zu 8—11 cm, die Embryosäcke bis zu 18 cm und mehr und die einzelligen niederen Gewächse (*Vaucheria, Achlya, Caulerpa, Codium* u. a.) können Fusslänge und mehr betragen.

Sehr bedeutende Grössen erlangen bei Thieren die umgewandelten Zellen, wie die quergestreiften Muskelfasern (10—14 cm) und die Nervenzellen, die mit ihren Achsencylinderfortsätzen vom Rückenmark aus bis in die Finger- und Zehenspitzen sich erstrecken.

Fig. 5. Muskulöse Faserzellen aus Arterien des Menschen, 350 Mal vergr. 1. Aus der *Art. poplitaea*. *a* ohne, *b* mit Essigsäure. 2. Aus einem Aestchen von 1 mm der *Tib. antica*. *a* Kern der Zellen.

Fig. 6. Netzwerk der Hornhautzellen des Kaninchens. Holzessigpräparat. 350 Mal vergr. Nach *His*, in *Icon. physiol.* II. Aufl.

§ 6.

Bau der Protoblasten und Zellen. Zellsubstanz, *Protoplasma.* Die Protoblasten bestehen ausser dem Kerne aus einer weichen Substanz, welche am zweckmässigsten mit dem vorangestellten Namen bezeichnet wird, der auch für die Fälle passt, in denen diese Elemente eine Hülle besitzen und auf dem Stadium der Zelle sich befinden.

Das *Protoplasma* bildet in allen jungen Protoblasten und auch in vielen älteren Elementartheilen für sich allein den ganzen Zellenkörper oder den Zelleninhalt und besteht in den meisten Fällen aus zwei Theilen, dem eigentlichen Protoplasma und in dasselbe eingestreute Körnchen, die mit dem allgemeinen Namen Mikrosomen bezeichnet werden können. Das Protoplasma selbst ist eine gleichartige, weiche, zähflüssige, alkalisch reagirende Substanz, die in Wasser aufquillt, aber sich nicht löst, vielmehr beim Kochen gerinnt. Ueber die chemische Zusammensetzung desselben verdanken wir den Botanikern die genauesten Aufschlüsse und haben *Reinke* und *Rodewald* (Studien über das *Protoplasma* 1881), *Zacharias* (Ueber Eiweiss, *Nuclein* und *Plastin*, Botan. Zeitung 1883) und *Fr. Schwarz* (Die morph. u. chem. Zusammens. des Protoplasmas in *Cohn's* Beiträgen 5. 1 1887) nachgewiesen, dass das Protoplasma einen besonderen N haltigen Proteinkörper, das *Plastin* oder *Cytoplastin* (*Schwarz*) enthält. Ausserdem besteht dasselbe aus Wasser und Salzen und verschiedenen organischen Substanzen, unter denen Eiweisskörper eine Hauptrolle spielen, welche die Botaniker schon längst in jungen Pflanzenzellen nachgewiesen haben (*S. E. Zacharias* l. c., *Sachs* (Flora 1862), *Schwarz* l. s. c. S. 125 und folgende). Bei Thieren finden sich dieselben bei allen Eizellen und jungen embryonalen Elementen, ausserdem in so vielen Zellen ausgebildeter Organismen (Drüsen, Oberhäute, farblose Blutzellen, Muskelzellen u. s. w.), dass man wohl berechtigt ist, die Albuminate als typische Protoplasmabestandtheile zu bezeichnen. Neben denselben möchten noch zu nennen sein Fette verschiedener Art, *Glycogen*, organische Säuren.

Die Beziehungen dieser Bestandtheile zu einander betreffend, so nehmen die Einen an, dass dieselben eine gleichartige Mischung bilden, in welcher ausser den Mikrosomen keine anderen geformten Theile sich finden, während die Anderen der Meinung sind, dass ein Theil des Zelleninhaltes, der nicht näher charakterisirt wird, ohne Ausnahme ein Netzwerk oder (*Bütschli*) ein Wabenwerk darstelle, in dessen Lücken die anderen Bestandtheile in flüssigem Zustande enthalten seien. Für das Netzwerk sind vorgeschlagen die Namen: *Protoplasma, Kupffer*; Filarmasse oder *Mitom, Flemming*; *Spongioplasma, Leydig;* für den flüssigen Bestandtheil die Bezeichnungen *Paraplasma K.;* Interfilarmasse oder *Paramitom, Fl.*; *Hyaloplasma, L.*; *Enchelym, Carnoy.* Zwischen diesen beiden Auffassungen liegt die Wahrheit in der Mitte. Meiner Meinung nach ist nicht zu bezweifeln, dass bei der grossen Mehrzahl der Zellen, die nur *Protoplasma* enthalten, somit bei embryonalen und jungen Zellen, keine Netze vorkommen. Ich denke mir das *Protoplasma* dieser Zellen als ein Gemenge verschiedener Körper von weicher Beschaffenheit, von denen die wesentlichen Eiweisskörper

und *Plastin* sind. Die ersteren haben allein das Vermögen der Kontraktilität und könnten auch mit dem alten Namen *Sarcode* bezeichnet werden, während das *Plastin* dieser Eigenschaft ermangelt, dagegen durch verschiedene Reagentien fest wird, wie durch Alkohol, Chromsäure, Metallsalze u. s. w., und auch durch seine Unlöslichkeit in Säuren, Magensaft und Trypsin sich auszeichnet, welche die kontraktilen Eiweisskörper lösen.

In dem typischen, gleichartigen, kontraktilen embryonalen *Protoplasma* treten nun im Laufe der Entwickelung an gewissen Orten mit Flüssigkeit gefüllte Hohlräume (*Vacuolen*) in verschiedenen Grössen und in wechselnder Menge auf. Sind diese Hohlräume klein, so erscheint das *Protoplasma* schaumig, wie spongiös, wie z. B. in den Zellen von Spongien, den Bildungszellen der Kapillaren im Schwanze von Amphibienlarven (*Rouget* in Arch. d. Phys. 1873 pg. 636, Pl. 22—25); werden dieselben grösser, so bildet das *Protoplasma* Netze, wie bei den Zellen mit Saftströmung bei Pflanzen und Thieren (Fig. 7), bei *Actinosphaerium* und anderen Protisten und in vielen Epithel- und Drüsenzellen, aus welchem Zustande endlich andere sich entwickeln, in denen das *Protoplasma* nur noch einen Wandbeleg der Zellen bildet und das *Hyaloplasma* den ganzen Binnenraum derselben einnimmt (Zellen von *Chara*, der *Chorda dorsalis* u. a. m.)

In manchen Fällen nun sind diese Netze kontraktil, bestehen aus Eiweisskörpern und lösen sich in verdünnten Säuren, Magensaft und Trypsin. Von diesen typischen *Protoplasma*-Netzen müssen die *Plastin*-Netze unterschieden werden, als nicht kontraktile, chemisch ganz anders sich verhaltende Formen, die in gewissen Zellen als natürliche Bildungen vorkommen, in anderen erst durch Reagentien hervortreten. In diese Abtheilung gehören meiner Ansicht zufolge die bekannten Netze in den Talgdrüsenzellen (s. *Flemming*, S. 61. Taf. I, Fig. 13), ähnliche Netze in den Epithelzellen der Mundhöhle von Säugethierembryonen, in den *Leydig*'schen Zellen der Amphibien, inklusive des oberflächlichen Balkennetzes derselben, in den Drüsenzellen der Eileiter des Frosches (s. *Neumann* im Mikr. Arch. XI), in den meisten Becherzellen; doch wird im einzelnen Falle immer zu prüfen sein, ob solche Netze aus Eiweiss oder aus *Plastin* bestehen. Möglicherweise finden sich auch Netze, in deren Balken beide diese Substanzen vertreten sind.

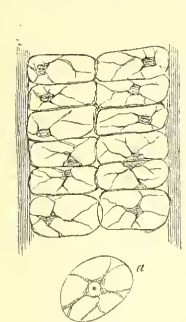


Fig. 7.

In den Maschen der Zellennetze, mögen dieselben nun *Protoplasma*-Netze oder *Plastin*-Netze sein, findet sich entweder flüssiges, nicht kontraktiles *Hyaloplasma* oder mannigfache andere Einschlüsse, wie vor Allem Fetttropfen, Schleimkugeln, Eiweisskörner u. s. w.

Das *Plastin* zeigt folgende Hauptmerkmale. Dasselbe ist unlöslich in Kochsalz von 10% und gerinnt langsam bei unverletzten Zellen, schneller in 20% Lösungen. Konzentrirtes Dinatrium-Phosphat löst dasselbe, ebenso verdünntes Kali causticum nach vorhergehender starker Quellung, wogegen in konzentrirter Kalilauge das *Plastin* zu einer Gallerte aufquillt. Ver-

Fig, 7. Knorpelstrahl von *Branchiomma Dalyellii mihi*, a) isolirte Zellen.

dünnte Essigsäure fällt das *Plastin*, konzentrirte bewirkt Quellung, niemals aber Lösung; verdünnte Salzsäure bedingt ein theilweises Aufquellen, löst aber nicht; konzentrirte fällt dasselbe ohne Aufquellen. In Ferridcyankalium, Magensaft und Trypsin ist das *Plastin* unlöslich. Für weitere Einzelnheiten verweise ich auf *Schwarz* (l. s. c.).

Die Körner im *Protoplasma* oder die Mikrosomen sind jedenfalls mannigfaltiger Art, aber ebenfalls noch wenig untersucht. Wäre der Inhalt der Eizellen als typisches Protoplasma zu bezeichnen, was jedoch nur in einem gewissen Sinne angeht, so liesse sich sagen, dass dieselben wesentlich aus neutralen und aus sogenannten phosphorhaltigen Fetten und aus Glycogen bestehen. Nimmt man dagegen die späteren körnerärmeren Embryonalzellen und die jungen Zellenformen erwachsener Geschöpfe als Ausgangspunkt, so muss vorläufig auf eine genaue Schilderung der Mikrosomen verzichtet werden.

Schon im Jahre 1849 habe ich bei der Gattung *Actinosphaerium*, einem einzelligen Thiere den Nachweis geliefert, dass der Körper desselben aus netzförmig angeordneter kontraktiler Substanz und aus Flüssigkeit haltenden Hohlräumen besteht, ein Bau, der später auch bei vielen anderen einfachen Thierformen aufgedeckt wurde, auf welche Thatsache vor Allem ich in der 5. Auflage meine Lehre von den mono- und diplasmatischen Zellen gründete. Aehnliches lehrte später (Ueber Bewegungserscheinungen der Zellen 1870) auch *Lieberkühn* von den Zellen der *Spongien*, denen der *Chorda dorsalis* und den farblosen Blutzellen und betonte, wie ich, die Uebereinstimmung der Struktur gewisser thierischer Zellen mit denen von Pflanzen.

Wenn nun auch solche Protoplasmanetze in manchen thierischen und pflanzlichen Zellen sich finden, so ist damit nicht bewiesen, dass in der grossen Mehrzahl von Zellen Netzbildungen als typische vorkommen und möchte ich hier noch besonders hervorheben, dass auch die grosse Regelmässigkeit, mit der solche Gerüste durch bestimmte Reagentien immer hervortreten, nichts für deren natürliche Bildung, ihre Anwesenheit in der lebenden Zelle beweist, indem *Fr. Schwarz* nachgewiesen hat (l. c.), dass aus gleichartigen Substanzen, wie eingedickten Pepton- und Eiweisslösungen, aus Leimgallerten und Harzen u. s. w., ebenfalls Gerüste entstehen, die bei verschiedenen Fällungsmitteln ganz gleich aussehen. Ob diese künstlichen Gerüste bei thierischen Zellen alle aus *Plastin* bestehen oder auch Eiweisskörper in sich schliessen, ist noch weiter zu untersuchen.

§ 7.

Bau des Protoplasma im Einzelnen. Betrachten wir den Bau des Protoplasma näher, so finden wir sowohl bei den mono- als den diplasmatischen Zellen manche wichtige Einzelnheiten. Von diesen verdienen in erster Linie Fasern und Fibrillenbildungen in demselben Beachtung, die in mannigfacher Weise auftreten und vorläufig unter folgenden Abtheilungen aufgezählt werden können.

1. Ein streifiges Aussehen des Protoplasma, das entweder durch Fäserchen oder kanalartige Hohlräume bedingt wird und Beziehung zum Stoffwechsel, in specie zur Säftebewegung zu haben scheint.

Hierher zähle ich:

a) Die röhrige Struktur im Nahrungsdotter des Hechteies (*Reichert* in Müll. Arch 1856) und eine feine radiäre Streifung, die ich am frischen Dotter von *Gadus lota* (Würzb. Verh. Bd. 8, S. 92) und *Leydig* bei jungen Froscheiern (*Wiegm.* Arch. 1876, S. 14, Anm. 3) und Eiern von Reptilien (Die in Deutschl. leb. Saurier 1872) beobachtete.

b) Parallele Streifen, von Kanälchen oder Fasern herrührend, die in grosser Verbreitung besonders bei Drüsenzellen wahrgenommen wurden Hierher ge-

hören aus älterer und neuerer Zeit viele Beobachtungen von *Leydig* über die Zellen der Kiemenblätter von *Oniscus*, *Porcellio*, *Asellus* (Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 30 Suppl. Taf. XII, Fig. 37), über die Hautdrüsen von Raupen und Schnecken, die Malpighischen Gefässe der Insekten, die Epidermiszellen des Laubfrosches u. s. w. (Siehe Unters. z. Anat. u. Histol. 1883 S. 45 u. folgde. Taf. IV, Fig. 44, 34. Taf. V, Fig. 49, 55, 56, 58, 61. Taf. VI, Fig. 62, 63, 64, 66, 70.

Ferner sind zu erwähnen die Erfahrungen von *Heidenhain* und *Pflüger* über stabähnliche Bildungen an den Epithelzellen der Speicheldrüsen und Nieren und die Beobachtungen über besondere Strahlensysteme im Protoplasma von Eiern und anderen Zellen bei den karyokinetischen Theilungen ihrer Kerne (s. unten). In manchen dieser Fälle sind die Streifen an den frischen Elementen nicht zu sehen und kommen nur durch Reagentien zum Vorschein, während in anderen ihr Vorkommen in den lebenden Elementen nicht zu bezweifeln ist.

2. Konzentrische Streifungen des Protoplasma von zweifelhafter Bedeutung.

Hier sind zu nennen die von *Remak* zuerst, später von *v. Leydig* wahrgenommenen solchen Streifungen an gewissen Nervenzellen (s. *Leydig* l. s. c. Taf. VII, Fig. 73, 74). Sehr zweifelhaft erscheinen die ähnlich gebauten sogenannten Samenkörper von *Lithobius* (s. *Leydig* l. c. Taf. VI, Fig. 67, 68).

3. Ein faseriger Bau des Protoplasma, der zu der Kontraktilität desselben in Beziehung steht.

Am ausgebildetsten sind solche kontraktile Fibrillen in den typischen Muskelzellen, den quergestreiften Muskelfasern, und in den einkernigen, glatten und quergestreiften Faserzellen, ausserdem gehören hierher die Fortsetzungen der Wimpern der Flimmerzellen in das Innere der Zellen hinein, wie solche seit *Eberth* (*Virch.* Arch. Bd. 35) und *Lieberkühn* (Beweg. d. Zellen, 1870), von *Engelmann* (*Pflüg.* Arch. Bd. 23), *Gaule* (Arch. f. Anat. u. Phys., Phys.-Abth. 1881), *Simroth* (Arch. f. mikr. Anat., Bd. XII) und vielen anderen beschrieben wurden; ferner die 36—45 μ langen Muskelfäserchen in den sogenannten Neuromuskelzellen der Hydroidpolypen (*ich*, *Kleinenberg*), endlich die Fibrillen im Protoplasma gewisser Infusorien (Muskelfibrillen von *Stentor*, Stielmuskel der Vorticellinen mit seiner Ausbreitung am Körper (S. m. *Icon. hist.* S. 14 und *Simroth* l. s. c. Fig. 1, 9).

Bei den einen dieser Elemente ist der grösste Theil des Protoplasma in kontraktile Fibrillen umgewandelt und hier zeigen dann auch diese Fäserchen z. Th. einen sehr verwickelten Bau. In anderen Fällen kommen die betreffenden Fibrillen nur in geringer Menge, ja selbst nur in der Einzahl vor, doch fehlt vielleicht auch bei diesen ein zusammengesetzter Bau nicht ganz, indem wenigstens bei den Vorticellinen der Stielmuskel faserig zu sein scheint. Ob die 5 μ breiten Fibrillen von *Stentor* bei der Zusammenziehung querstreifig werden, wie ich seiner Zeit gefunden zu haben glaubte (m. *Icon. hist.* I. Fig. 12), ist nach den neueren Erfahrungen von *Simroth* zweifelhaft geworden.

4. Fibrillenbildungen, die mit den Verrichtungen des Nervensystems in Verbindung stehen und einfach als Leitungsfasern bezeichnet werden dürfen.

Als solche sind zu erwähnen:

a) Die Fasersysteme, welche grosse Nervenzellen zeigen.

b) Die Fibrillen, die in Ausläufern aller Art von Nervenzellen sich finden und als Achsencylinderfibrillen am bekanntesten sind.

Die eben besprochenen Strukturverhältnisse haben offenbar z. Th. eine hohe physiologische Bedeutung und ist, verglichen mit denselben, die netzförmige Anordnung des Protoplasma in gewissen diplasmatischen Zellen von ganz untergeordneter Wichtigkeit. Selbst wenn die Protoplasmastränge in den diplasmatischen Zellen oder das scheinbar homogene Protoplasma der Protoblasten oder monoplasmatischen Zellen eine feine Netzstruktur haben sollte, was jedoch nicht

nachgewiesen ist, so wäre dies von keinem weiteren Belang. Wenn es dagegen gelänge, nachzuweisen, welchen molekulären Bau das gleichartige kontraktile Protoplasma besitzt und wie aus demselben der verwickelte Bau der Muskelfibrillen, der Achsencylinderfäserchen u. s. w. hervorgeht, bei welcher Untersuchung auch den chemischen Umgestaltungen Rechnung zu tragen wäre, so würde dies als ein grosser Fortschritt zu bezeichnen sein. Schon jetzt lässt sich in dieser Beziehung folgendes hervorheben. Da das Protoplasma allein Kontraktilität besitzt, wie *Actinosphaerium* u. a. Protisten und die Zellen mit Saftströmung unwiderleglich darthun, und am Hyaloplasma noch nirgends Bewegungserscheinungen wahrgenommen wurden, so folgt hieraus, dass alle kontraktilen Elementartheilchen aus dem Protoplasma herzuleiten sind und Umgestaltungen desselben ihren Ursprung verdanken. Somit kann in den Muskelfasern nicht das Sarcoplasma, das aus dem Hyaloplasma hervorgeht, als kontraktil angesehen werden, wie *Carnoy, v. Gehuchten, v. Leydig, Ramón y Cajal* u. A. annehmen, sondern nur die Fibrillen und bei den Nervenfasern und Zellen sind ebenfalls das Protoplasma und die Achsenfibrillen die wesentlichen Theile.

Eine zweite Gruppe von Formtheilchen in entwickelteren zelligen Elementen reiht sich an die Körner oder Mikrosomen der Protoblasten an und findet sich im Thierreiche in einer solchen Mannigfaltigkeit, dass es unmöglich ist, dieselben hier im Einzelnen zu besprechen. Ich erwähne daher nur folgende:

1. Fettröpfchen oder fetthaltige Bläschen. Finden sich in sehr vielen Zellen entweder vereinzelt (Knorpelzellen, Epithelzellen der Leber, Nieren und anderer Organe bei fettreicher Nahrung) oder in grösserer Zahl (Zellen der Talg- und Milchdrüsen, Epithelien des Dünndarmes bei Fettresorption, Dotter vieler Thiere).
2. Pigmentkörner aller Art. Ungemein verbreitet in Bindegewebszellen und Elementen von Oberhautgebilden.
3. Körner von Glycogen. In vielen Drüsen- und Oberhautzellen.
4. Körner und bläschenförmige Bildungen im Dotter vieler Geschöpfe, namentlich der Vögel, Reptilien, Amphibien und Gliederthiere, mannigfachster Art, deren chemische Natur noch sehr wenig untersucht ist, [s. über die Dotterplättchen des Frosches *E. Zacharias* (Bot. Zeit. 45), über die der Fische *Virchow* (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IV), *Filippo de Filippi* (Ebenda Bd. X), die Dotterbläschen der Vögel *His* (Erste Anl. d. Wirbelth. 1868), ferner die Arbeiten von *Miescher, Worm Müller, Bunge, Kossel.*]
5. Die Eleidinkörner der Oberhautgebilde.
6. Die interstitielllen Körner des Sarcoplasma der quergestreiften Muskelfasern, die in grösster Entwickelung in den Flügelmuskeln der Insekten sich finden.
7. Die Fermentkörner in den Zellen der Pancreas und der Magensaftdrüsen u. a. m.

Ausser Körnern und bläschenartigen Bildungen finden sich in älteren Zellen auch Krystalle und krystallinische Bildungen. Krystalle sind beim Menschen noch nicht gesehen, abgesehen von krystallinischen Bildungen von Gallenfarbstoff in pathologischen Leberzellen und von Hämatoidinkrystallen in lymphoiden Elementen. Bei Thieren kennt man dieselben in den Zellen der

Vorhautdrüsen der Ratte (*Leydig*), denen der Malpighischen Gefässe der Insekten, den Blutzellen des Hundes und von Fischen (*ich*).

Krystallinische Konkretionen finden sich in den Bindesubstanzzellen von Mollusken und manchen Knorpelzellen (Kalksalze), in den Fettkörperzellen von Insekten und den Leuchtorganen der Lampyriden (harnsaure Salze), in der Leber von *Porpita* (*Guanin*).

Ausser den aufgezählten Körnern werden weitere Untersuchungen unstreitig noch manche andere Formen und Arten derselben aufdecken und auch über die Entstehung derselben und ihre Beziehungen zu dem primitiven Protoplasma Aufschluss geben.

Hier ist auch der Ort, um über neue Aufstellungen von *Altmann* zu berichten. Derselbe stellt eine ganze Zahl von körnigen Gebilden verschiedenartiger Zellen unter dem Namen „*Granula*“ oder „Bioblasten“ zusammen (Studien über die Zelle, I 1886 und die Genese der Zelle in d. Festschr. f. *C. Ludwig*, 1887 S. 235) und schreibt denselben eine besondere morphologische und physiologische Bedeutung zu, von der in späteren §§ noch die Rede sein wird. So geistreich und z. Th. bestechend auch ein Theil von *A's.* Hypothesen sind, so kann ich doch nicht umhin, zu finden, dass dieser Forscher es versäumt hat, abgesehen von ihrer Färbung in Säurefuchsin, seine *Granula* chemisch, morphologisch und genetisch, genau zu bestimmen, so dass vorläufig alle weiteren Ableitungen als nicht hinreichend begründet erscheinen.

§ 8.

Zellmembran. Die Hülle der Zellen ist in den meisten Fällen sehr zart, glatt, kaum darstellbar und von einfachen Grenzlinien bezeichnet, in anderen von ziemlicher Festigkeit und von messbarer Dicke, in noch anderen endlich sehr dick und meist konzentrisch geschichtet. Da alle Zellen ursprünglich hüllenlose Protoblasten sind und ihre Membran ganz allmählich anbilden, so ist begreiflich, dass der Nachweis zarter Zellenmembranen auf grosse Schwierigkeiten stösst und erklärt sich so die Verschiedenheit der Ansichten mit Bezug auf das Vorkommen der Membranen bei gewissen Elementen, wie z. B. bei den rothen Blutzellen. Sind die Membranen fester, so lassen sich dieselben sicher nachweisen dadurch, dass man die betreffenden Zellen durch Wasser in die kugelrunde Form überführt, wie z. B. die Epithelcylinder des Darmes, oder durch kaustische Alkalien oder Säuren in Blasen umwandelt, wie die Epidermis- und Epithelialschüppchen. Im letzteren Falle hat man auch Gelegenheit, Zellmembranen von sehr verschiedener Konsistenz zu sehen, indem die tiefsten Elemente der Epidermis und geschichteten Epithelien der Hüllen entbehren und solche nach und nach in den oberen Schichten anbilden. In anderen Fällen lässt sich die Membran durch Ausziehen des Inhaltes der Zellen nachweisen, wie bei den gewöhnlichen Fettzellen und den Blutzellen. Dickere Membranen, wie das Sarkolemm der quergestreiften Muskelfasern, die Hüllen

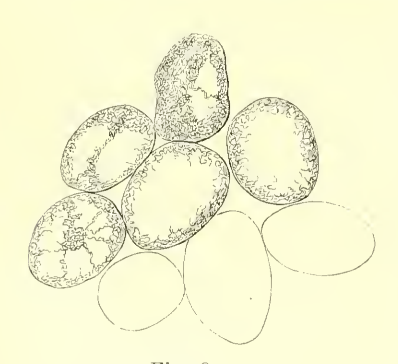


Fig. 8.

Fig. 8. Mit *Kali conc.* gekochte und aufgequollene Hornplättchen mit theilweise und ganz aufgelöstem Inhalte, 350 Mal vergr.

der Knorpelzellen (die Knorpelkapseln), die Membranen der Samencysten, sind leicht nachzuweisen und lassen sich auch z. Th. isoliren, wie bei den Muskelzellen. Als Zellmembranen gleichwerthig betrachte ich auch die Umhüllungsmembran vieler einzelliger Thiere, wie mancher Infusorien und der Gregarinen.

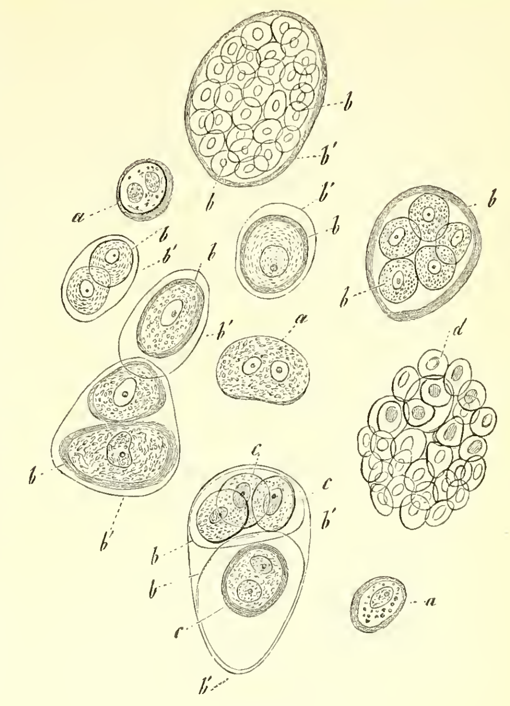


Fig. 9.

Den Bau anlangend, so erscheinen die thierischen Zellhüllen, abgesehen von der konzentrischen Schichtung der dickeren unter denselben (Fig. 10), als gleichartige Bildungen; es ist jedoch mehr als wahrscheinlich, dass dieselben feinste Poren besitzen, durch welche die Wechselwirkung mit den umgebenden Medien stattfindet. Für die Annahme solcher spricht das Vorkommen von Porenkanälchen in kutikularen Auflagerungen an Zellen, wie bei den Cylindern des Dünndarmes und den Epidermiszellen der Neunaugen. Bei den Flimmerzellen ferner ist es mehr als wahrscheinlich, dass die Flimmerhaare durch Lücken der Membran mit dem Inhalte der betreffenden Zellen in Verbindung stehen. Und bei gewissen Epidermis- und Epithelialzellen steht das Protoplasma benachbarter Elemente nicht nur bei denen, die noch auf der Stufe von Protoblasten sich befinden, durch feine Ausläufer im Zusammenhange, sondern auch bei solchen, die schon eine Hülle besitzen, welche somit feine Oeffnungen darbieten müssen.

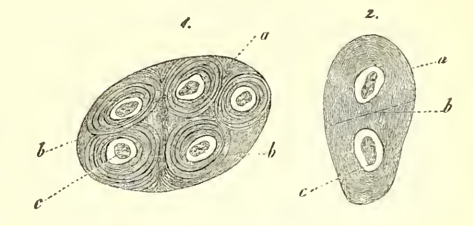


Fig. 10.

Fig. 9. Knorpelzellen aus einem faserigen, sammtartigen Gelenkknorpel der *Condyli ossis femoris* des Menschen, 350 Mal vergr., alle in faseriger Grundsubstanz liegend und leicht sich isolirend. *a* Einfache Zellen mit oder ohne verdickte Wand, einem oder zwei Kernen; *b* Tochterzellen oder Zellen der ersten Generation mit 1 oder 2 Kernen, zu einer, zweien, fünfen und vielen in Mutterzellen *b'*; *c* Zellen der zweiten Generation zu 1—3 in Zellen der ersten; *d* freigewordene Gruppe von Tochterzellen.

Fig. 10. Knorpelzellen aus dem Gallertkern der *Ligg. intervertebralia.* 1. Grosse Mutterzelle *a*, mit einer Scheidewand, von zwei Tochterzellen der ersten Generation herrührend, und fünf Tochterzellen *b* der zweiten Generation mit konzentrisch verdickten Wänden und geschrumpften Protoblasten *c* in den kleinen Zellenhöhlen. 2. Mutterzelle *a* mit zwei durch eine zarte Scheidewand *b* getrennten Tochterzellen, die bei gleichmässig verdickten Wänden eine kleine Höhle und geschrumpften Protoblasten *c* enthalten.

Von dem besonderen Baue, den *Nägeli* an vegetabilischen Zellmembranen gefunden hat (Ber. d. bayer. Akad. 1864), ist bei thierischen Hüllen vorläufig nichts bekannt geworden.

Die chemische Natur der thierischen Zellmembranen ist wenig erforscht. Zarte Membranen, wie die von Cylinderepithelien und von Blutzellen u. s. w., lösen sich in verdünnten kaustischen Alkalien, in verdünnten Säuren, in Magensaft; festere quellen in diesen Reagentien in der Kälte nur auf, ohne sich zu lösen. Am meisten Widerstand leisten die Membranen der Epidermisschüppchen, die aus Keratin bestehen, und das Sarcolemma der Muskelfasern, das in seinem Verhalten dem elastischen Gewebe sich nähert.

§ 9.

Zellenkern, *Nucleus*; Kernkörperchen, *Nucleolus*. Ein sehr wichtiger Theil der Zelle ist der Zellenkern und hat gerade über dieses Gebilde die Neuzeit eine Reihe ausschlaggebender Thatsachen aufzuweisen. Schon seit Langem weiss man, dass die Kerne bei der Vermehrung der Zellen eine Hauptrolle spielen und im letzten Decennium hat sich auch gezeigt, dass dieselben, bevor die Zellentheilung eintritt, in ihrem Innern merkwürdige und bedeutungsvolle Veränderungen erleiden, die man mit dem Namen der Karyokinese oder der Mitose bezeichnet. Zweitens hat sich ergeben, dass die Befruchtung bei Pflanzen und Thieren wesentlich von der Vereinigung eines männlichen und eines weiblichen Zellenkernes abhängt. Denn es ist der sogenannte weibliche Vorkern nichts als ein Theil des Keimbläschens oder des Kernes der Eizelle und der männliche Vorkern ein Abkömmling eines Samenfadens, welche Gebilde entweder *in toto* oder wenigstens in ihrem befruchtenden Theile ebenfalls die Bedeutung von Kernen haben. Wenn somit Kernen des väterlichen und des mütterlichen Organismus das Vermögen innewohnt, die Eigenschaften des einen oder des anderen Organismus oder beider auf das Erzeugte zu übertragen, und dieselben die eigentlichen Faktoren der Vererbung darstellen, so folgt hieraus unabweislich, dass die Kerne überhaupt die wichtigsten Theile der organischen Elemente sind und den gesammten Gestaltungsvorgang beherrschen und vermitteln.

Nach diesen Vorbemerkungen wenden wir uns zur Schilderung des Baues der Kerne, indem wir die Beschreibung ihrer Betheiligung bei der Zellentheilung und den Gestaltungsvorgängen auf einen späteren § verlegen.

Alle Zellen höherer Geschöpfe enthalten im Jugendzustande und viele zeitlebens einen Kern, doch ist derselbe in einer Reihe von Fällen an den lebenden Elementen nicht oder nur andeutungsweise wahrnehmbar, wie z. B. an den rothen Blutzellen, weil derselbe das nämliche Lichtbrechungsvermögen besitzt, wie der Zelleninhalt (*Flemming*, S. 87). Wo die Kerne ohne Weiteres sichtbar sind, erscheinen sie als nahezu in der Mitte des Protoplasma gelegene kugelige, wasserhelle, oder matt gelb aussehende Körper, die im Mittel 4—9 μ messen, doch sind Grösse, Zahl und Gestalt dieser Gebilde nach verschiedenen Seiten manchen Wechseln unterworfen. Letztere anlangend ist zu bemerken, dass viele Kerne im Laufe der Entwickelung ihrer Zellen ihre runde Gestalt

verlieren und anderweitige Formen annehmen, unter welchen die nachfolgenden die bemerkenswerthesten sind:

a) Die Eiform, die Linsenform, die Walzenform, die bei den Kernen vieler spindelförmiger Epithelien, Bindegewebszellen und der Muskelfasern sich findet, von denen die einkernigen Muskelzellen die abweichendste Kernform von der Gestalt von langen Walzen oder Stäbchen zeigen.

b) Seltener finden sich Kerne mit einigen Ausbuchtungen oder Lappen, wie z. B. in der Milz, im Epithel von Amphibienlarven, in vielkernigen Zellen u. a. a. O. (Figg. 12, 13).

c) Nicht bei Wirbelthieren, wohl aber bei Arthropoden trifft man in gewissen Organen Kerne mit Ausläufern oder Verästelungen.

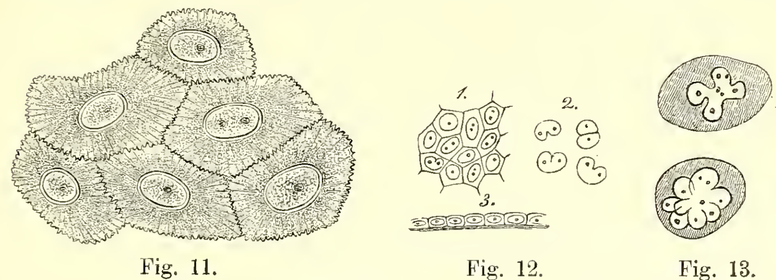


Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13.

Hierher rechne ich die rosettenförmigen Kerne gewisser Drüsenzellen von *Lernanthropus* (*Haider*), die mit vielen einseitigen Fortsätzen versehenen Kerne von *Nepa* und *Ranatra* in den Zellen, die die Eistrahlen bilden (*Korschelt* in Sitzungsber. d. Berliner Ges. naturf. Fr. 1887). Ferner gehören hierher die reichverzweigten Kerne der Spinndrüsen, Speicheldrüsen, Malpighischen Gefässe von Insekten, der Beindrüsen von *Phronima* (*P. Mayer*), der Nährzellen der Eier von Insekten (*Korschelt* l. c.), die Keimbläschen von *Silpha, Necrophorus* und anderer Insekten, die durch das ganze Ei Ausläufer entsenden (*Stuhlmann*). Solche Kerne besitzen in ihrer einfachsten Gestalt noch einen mittleren Körper, von dem kürzere einfache oder wenig verzweigte Ausläufer ausgehen. Bei den verwickeltsten Formen dagegen hat sich der ganze Kern in ein reich verzweigtes System von Aesten aufgelöst und gleicht das Ganze einem Sterne oder einer Pigmentzelle ohne besonders hervortretenden Zellkörper, nur dass an diesen verästelten Kernen auch die letzten Enden immer eine gewisse Breite besitzen und stets abgerundet, nie zugespitzt auslaufen.

Die Grösse der Kerne steigt im Allgemeinen mit der Grösse ihrer Zellen, vorausgesetzt, dass diese in ihrer Gestalt von dem kugelrunden nicht sehr abweichen und nur Einen Kern enthalten, und haben sonach grosse runde und eiförmige Zellen grössere Kerne als andere, wie sich dies an den kernhaltigen

Fig. 11. Einige Zellen der mittleren Lagen des Epithels der menschlichen Zunge, die durch Stachelchen und Riffe ineinandergreifen. Vergr. 570.

Fig. 12. Epithel der *Vaginalis propria* 1. von der Fläche, 2. Kerne der Zellen, 3. Seitenansicht, 350 Mal vergr. vom Menschen.

Fig. 13. Grosse Zellen aus der Milz eines Kätzchens mit sprossenden Kernen, 350 Mal vergr.

Blutzellen und an den so verschieden grossen Ganglienzellen bewahrheitet. Beim Menschen finden sich die grössten Kerne in den grossen Nervenzellen und im Eie, dessen Kern oder das Keimbläschen 45 μ misst. Bei Thieren sind die grössten runden Kerne diejenigen der Hautdrüsen des Schwanzes von *Triton cristatus* von 0,16 mm (*Klein*), die Kerne der *Gregarina gigantea* von 0,1—0,13 mm, die Keimbläschen der Eier von 0,4 mm beim Huhne, bei Amphibien von 0,4—0,5 mm. Ausserdem ist bemerkenswerth, dass in gewissen Thierklassen und Ordnungen die Kerne durch besondere Grösse sich auszeichnen, wie z. B. bei den geschwänzten Amphibien und den Perennibranchiaten, dann bei den Insekten.

Die verästelten Kerne sind stets grösser und erreichen mit ihren Ausläufern in einzelnen Fällen die kolossale Grösse von 0,2 mm und darüber.

Die Zahl betreffend, so besitzen alle Zellen von Hause aus nur Einen Kern, erlangen jedoch unter gewissen Umständen eine Mehrzahl solcher. So erhalten alle Zellen, die sich theilen, vor ihrer Theilung meist zwei, selten drei und vier Kerne. Andere Zellen, die vielkernige genannt werden, entwickeln eine grössere oder geringere Zahl von Kernen in sich (Fig. 14), deren Bedeutung nicht immer klar ist. Hierher gehören die Bildungszellen der Samenfäden vieler Thiere, die vielkernigen Zellen der Knochen (*Myeloplaxes*, *Robin*; Riesenzellen; *Ostoklasten*, *ich*), ebensolche Zellen aus dem Blute, die pathologischen Riesenzellen in Tuberkeln und von einfachen Organismen viele *Protozoen* und niedere Pflanzen (*Caulerpa*, *Codium*, *Vaucheria*, *Saprolegnia* u. a.).

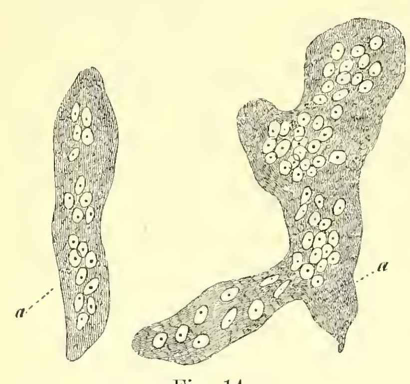


Fig. 14.

Untersucht man die Kerne auf ihren Bau, so ergiebt sich, dass dieselben in Manchem mit den Zellen übereinstimmen. So zeigen die Kerne eine umhüllende Membran und einen besonderen Inhalt, den Kernstoff, *Karyoplasma*, an dem geformte Theile, die Kernfäden, *Karyomitomata*, und die Kernkörperchen, *Nucleoli*, von einer ungeformten Zwischensubstanz, dem Kernsafte, zu unterscheiden sind.

Die Kernmembran ist eine Bildung, die allen Kernen zukommt mit einziger Ausnahme der Zeit, in der dieselben in Vermehrung begriffen sind, worüber unten das Nähere mitgetheilt werden wird. Die Kerne können somit, wie ich diess schon vor Jahren nachwies, als Bläschen bezeichnet werden und verdienen diesen Namen mit einem ganz anderen Rechte als die Zellen, indem Kerne vom Baue der *Protoblasten* oder hüllenlosen Zellen als bleibende Bildungen nirgends vorkommen. Die Beschaffenheit der Kernhülle anlangend, so ist dieselbe bei kleineren Kernen sehr zart und erscheint als eine einfache, feine dunkle Linie; bei grösseren ist sie stärker, selbst von messbarer Dicke und von

Fig. 14. *a* Eigenthümliche granulirte Zellen mit vielen Kernen aus den jüngsten Markräumen der platten Schädelknochen des Menschen, 350 Mal vergr.

doppelten Rändern begrenzt, wie bei den Kernen der Nervenzellen, Eier, vieler Zellen der Amphibien und Insekten und mancher embryonaler Zellen, in welchem Falle sie selbst Andeutungen von Oeffnungen oder Poren zeigt, wie ich solche an den Keimbläschen von Fischeiern und den Zellen der Spinngefässe von Raupen (Würzb. Verh. Bd. 8, 1858, S. 92 u. 234) aufgefunden, welche später auch *v. Leydig* an vielen Kernen von Insekten und Krebsen wahrnahm (Unters. z. Anat. u. Histol. 1883, Taf. IV—VII).

Die Kernmembran wird von einigen Forschern als dem Zellen-*Protoplasma* angehörig angesehen, ähnlich der äusseren Grenzhaut des *Protoplasma*, welche an pflanzlichen Zellen angenommen wird, vor allem von *Strasburger*. Mir scheint, abgesehen von anderem, das Vorkommen einer Kernmembran in Zellen, die kein *Protoplasma* mehr enthalten, wie in den rothen Blutzellen der niederen Wirbelthiere, in denen der *Chorda dorsalis* u. a., dann die Leichtigkeit, mit der viele Kerne sammt ihrer Hülle sich isoliren, wie vor Allem die Kerne der Eier, unwiderleglich für die gewöhnliche Auffassung zu sprechen.

Der Kerninhalt, das *Karyoplasma*, ergiebt sich, den Untersuchungen der Neuzeit zufolge, als viel verwickelter, als man früher ahnte. Der eine Bestandtheil desselben, die Kernfäden, das *Karyomitom* von *Flemming* (die Gerüstsubstanz, *Chromatin*- oder *Nuclein*-Substanz der Autoren), besteht aus faden- oder faserförmigen Elementen, die aus einer besonderen färbbaren Substanz, dem *Chromatin* und aus einem achromatischen Stoffe, dem *Plastin* von *Zacharias* oder dem *Linin* von *Schwarz* bestehen, während die Zwischensubstanz oder der Kernsaft als eine mehr gleichartige Masse sich darstellt, die jedoch manchmal bei gewissen Behandlungsweisen auch achromatische Fäden oder Fasern zeigt. Zu diesen Theilen gesellen sich dann noch das oder die Kernkörperchen und verschiedenartige, seltener auftretende Einschlüsse.

Als wichtigster Theil der Kerne sind die chromatischen Kernfäden zu bezeichnen, wie aus der Rolle hervorgeht, die dieselben bei der Kerntheilung spielen und ist von denselben in erster Linie hervorzuheben, dass dieselben unter günstigen Verhältnissen an frischen lebenden Kernen wahrzunehmen sind und somit nicht in die Reihe der Faserbildungen gehören, die wie die *Plastin*-netze im Zell-*Protoplasma* nur an erhärteten, mit Reagentien behandelten Gebilden zur Anschauung kommen. Nichtsdestoweniger ist es, namentlich wegen der Kleinheit der meisten Kerne, schwer, über das genauere Verhalten der Kernfäden bestimmte Aufschlüsse zu erhalten und stehen sich in dieser Beziehung besonders zwei Annahmen gegenüber. Nach der einen bilden die Kernfäden ein Netz, welches den ganzen Raum der Kernhöhle durchzieht, nach der anderen dagegen nur einen Knäuel mit mannigfach verschlungenen Windungen. Bei der letzten Annahme ergiebt sich dann weiter die Frage, ob der Knäuel von einem einzigen oder einer grösseren Zahl von Kernfäden gebildet werde, welche der neueste Autor *Strasburger* (Ueber Kern- und Zellentheilung, 1888) dahin beantwortet, dass auch im ruhenden Kerne mit wenigen Ausnahmen eine grössere Zahl von Kernfädensegmenten vorhanden sei, wie sie von den zur Theilung sich anschickenden Kernen (s. unten) schon längst bekannt ist, eine Annahme, die auch durch die neuesten Erfahrungen von *E. v. Beneden* und *Boveri* über die Kerne der sich furchenden Eier von *Ascaris* gestützt

wird und für welche auch die neueste Arbeit von *Rabl* eintritt. Auf der anderen Seite ist längst durch *Balbiani* bekannt, dass die Kerne der Speicheldrüsen von Chironomuslarven nur einen einzigen gewundenen Faden enthalten und möchte auch kaum zu bezweifeln sein, dass gewisse Kerne ein Netzwerk darbieten, dessen Bedeutung freilich noch nicht hinreichend ermittelt ist, vor Allem, welchen Antheil die chromatischen und achromatischen Kerntheile an der Bildung desselben haben.

Den Bau der Kernfäden anlangend, so betheiligen sich das achromatische *Linin* und das *Chromatin* in sehr verschiedener Weise an der Bildung derselben. Das eine Extrem stellen Fäden dar, die vor Allem aus *Linin* bestehen und das *Chromatin* nur in Form kleinerer oder grösserer, spärlicherer oder zahlreicherer Körner enthalten, während auf der anderen Seite Fäden vorkommen, die wesentlich aus *Chromatin* zusammengesetzt sind und die achromatische Substanz nur in Gestalt zarter Bindeglieder der Chromatinkörner und vielleicht einer dünnen Umhüllungsschicht der Fäden (*boyau plastinien, Carnoy*) darbieten.

Die Kernfäden zeigen häufig an einzelnen Stellen sowohl im Innern des Kernes als an den der Kernmembran anliegenden Theilen Verdickungen oder Knotenpunkte, die (Fig. 15) von den *Nucleolen* zu unterscheiden sind, die dem Gerüste nur anliegen oder gar nicht mit demselben verbunden sind.



Fig. 15.

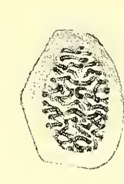


Fig. 16.

Nicht alle Kerne zeigen Kernfäden, vielmehr ist in manchen derselben die chromatische Substanz, namentlich wenn dieselbe spärlicher ist, in Form von Körnern von wechselnder Grösse und Zahl abgelagert.

Die Zwischensubstanz der Kernfäden oder der Kernsaft, das *Paralinin* von *Schwarz*, zeigt an frischen lebenden Kernen keinerlei Struktur, dagegen bringen Reagentien in gewissen Fällen faserige Gebilde in Form von Netzwerken in demselben zum Vorschein, deren Deutung, ob dieselben normale oder künstliche Bildungen sind, vorläufig nicht möglich ist (*E. Zacharias*, Beitr. z. Kenntn. d. Zellkerne und der Sexualzellen, Bot. Zeit., Bd. 44).

Im Innern der Kerne finden sich in der Regel zu einem oder mehreren dunkle runde Körper, die den Namen Kernkörperchen, *Nucleoli*, erhalten haben. Diese Gebilde (Fig. 17) sind schon an und für sich, den anderen in Kernen vorkommenden Körnern gegenüber, nicht leicht zu charakterisiren und jetzt, wo man weiss, dass dieselben bei den Kerntheilungen schwinden und dann wieder neu entstehen, ist diese Schwierigkeit noch grösser geworden. Hält man sich an diejenigen Zellen, in denen die *Nucleoli* mit besonderer Deutlichkeit auftreten, wie vor Allem die Nervenzellen, viele Eier, die meisten Zellen von Embryonen, die Samenzellen, so ergeben sich dieselben als scharf begrenzte, kugelige Körper von starkem Lichtbrechungsvermögen und Glanze, so dass sie oft an

Fig. 15. Kern von der Epidermis vom Salamander mit undeutlichem Kernnetze, dessen Knotenpunkte allein sichtbar sind. St. Vergr. Chromosmium-Essigsäure.

Fig. 16. Epidermiszelle von Triton mit dem Kerngerüste eines zur Theilung sich anschickenden Kernes. St. Vergr. Chromosmium-Essigsäure.

Fettropfen erinnern und von homogenem Aussehen ohne Andeutung einer Hülle. Die Grösse dieser Gebilde beträgt von 2—3 μ bis zu 6 und 10 μ und in seltenen Fällen, wie in Ganglienzellen und Eiern, bis 15—22 μ und findet man sehr häufig, dass grosse Kerne auch grosse *Nucleoli* haben, ohne dass sich jedoch dies als Regel aufstellen liesse. Die Zahl anlangend, so besitzt die grosse Mehrzahl der Zellen nur Einen *Nucleolus.* Doch kommen zwei auch häufig vor, seltener 3—5 und mehr, nur ist dann häufig Ein *Nucleolus* durch besondere Grösse ausgezeichnet (Haupt- und Neben-*Nucleolen*). Das auffallendste Beispiel von vielen *Nucleolen* geben die Eier niederer Wirbelthiere, z. B. der Amphibien und Reptilien ab, in denen aus dem einfachen *Nucleolus* der jungen Eier nach und nach durch wiederholte Theilungen eine ungemein grosse Zahl kleiner solcher Bildungen (100—200) entstehen. Auf der anderen Seite finden sich auch Verschmelzungen dieser Körper, wie denn *E. Zacharias* an lebenden, sich theilenden Charazellen in jedem Tochterkerne 4 *Nucleoli* fand, die in 5 Stunden zu einem einzigen sich vereinigten (Ueber den *Nucleolus* 1885, S. 8). Solche Verschmelzungen sah auch *Auerbach* an Fettkörper- und Speicheldrüsenzellen von Fliegenlarven.

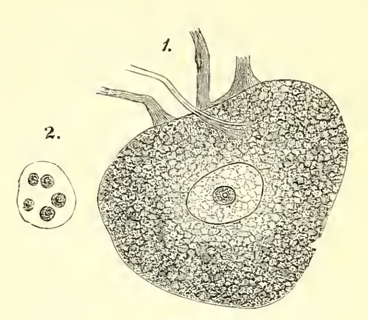


Fig. 17.

Ob *Nucleoli* in gewissen Kernen — abgesehen von den Zeiten, in denen diese sich theilen — ganz fehlen, ist eine noch nicht erledigte Frage (Siehe auch *Auerbach*, Organol. Studien). Gewöhnlich werden die rothen Blutzellen der niederen Wirbelthiere als Elemente bezeichnet, deren Kerne ohne *Nucleoli* sind, da jedoch die Zellen, aus denen diese Blutzellen sich bilden, *Nucleoli* besitzen, so liesse sich auch sagen, dass hier diese Gebilde einmal da waren (in der That sah auch *Ranvier* an den Blutzellen von *Siredon Nucleoli*), aber im Laufe der Entwickelung schwanden. Ganz sicher findet ein solcher Schwund der *Nucleoli* bei den Kernen statt, die zu Samenfäden sich umbilden. Dasselbe möchte noch bei manchen anderen Kernen vorkommen, wie z. B. denen der Körnerschichten der Netzhaut, und *E. v. Beneden* beobachtete bei den grossen Kernen lebender *Gregarinae giganteae*, dass in denselben zeitenweise die mehrfach vorhandenen *Nucleoli* ganz vergingen und dann wieder neu sich bildeten.

Die Lage der *Nucleolen* ist so, dass dieselben meist etwas excentrisch im Innern des Kernes der chromatischen Kernsubstanz anliegen; doch giebt es auch *Nucleolen*, die frei im Kernsafte ihre Lage haben. In gewissen Zellen, wie vor Allem in den Eiern der Amphibien, liegen die zahlreichen *Nucleoli* der Kernmembran an. Kerne mit Einschnürungen oder Lappenbildungen zeigen oft in jedem Ab-

Fig. 17. Aus dem *Ganglion Gasseri* des Kalbes frisch in Kochsalz von $^1/_2$ %. 1 Eine Nervenzelle mit 4 blassen Fortsätzen. Im Kerne ein grosser *Nucleolus* mit einer Vacuole. 2 Ein Kern einer anderen Zelle isolirt mit 5 *Nucleolen.*

schnitte einen *Nucleolus* (Fig. 18) und hat es in gewissen Fällen den Anschein, als ob eine Theilung der *Nucleolen* der Einschnürung der Kerne voranginge.

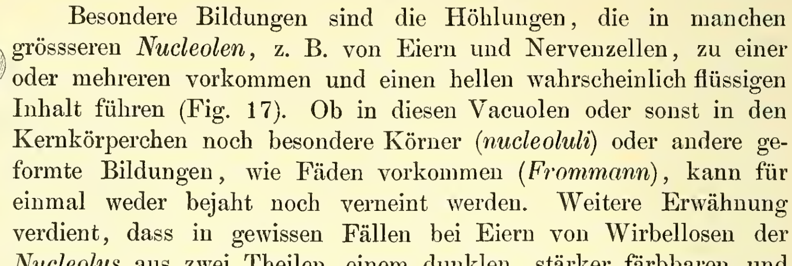


Fig. 18.

Besondere Bildungen sind die Höhlungen, die in manchen grösssseren *Nucleolen*, z. B. von Eiern und Nervenzellen, zu einer oder mehreren vorkommen und einen hellen wahrscheinlich flüssigen Inhalt führen (Fig. 17). Ob in diesen Vacuolen oder sonst in den Kernkörperchen noch besondere Körner (*nucleoluli*) oder andere geformte Bildungen, wie Fäden vorkommen (*Frommann*), kann für einmal weder bejaht noch verneint werden. Weitere Erwähnung verdient, dass in gewissen Fällen bei Eiern von Wirbellosen der *Nucleolus* aus zwei Theilen, einem dunklen, stärker färbbaren und aus einem helleren Abschnitte besteht (*Leydig*, *Flemming*, *O. Hertwig* u. A.), ein Bau, dessen Bedeutung annoch räthselhaft ist.

Bewegungen wollen einige wenige Beobachter unter natürlichen Verhältnissen an *Nucleolen* wahrgenommen haben, vor Allem *Eimer* (Arch. f. mikr. Anat., Bd. 11), andere dann, wenn die Kerne einer erhöhten Temperatur ausgesetzt wurden; letztere Beobachtungen gestatten wenigstens bei kaltblütigen Thieren keine sicheren Rückschlüsse auf die Vorgänge im lebenden Thiere.

Bei Pflanzen beschreibt *Johow* Gestaltveränderungen der *Nucleolen* eigener Art von Zellen von *Chara*, die sich nicht mehr theilen, die *E. Zacharias* am lebenden Objekte verfolgte. Ein *Nucleolus* von ellipsoidischer Gestalt, der aus der Verschmelzung von zwei kleineren *Nucleolen* entstanden war, zeigte nach 14 Stunden langsame Gestaltsveränderungen unter Bildung unregelmässiger Fortsätze, nahm dann langgezogene Gestalt an mit reichverzweigten Fortsätzen, bis das Ganze schliesslich in einzelne unregelmässige Theile zerfiel. Formänderungen von amoeboidem Charakter sah *Z.* an *Nucleolen* sich theilender Charakerne (s. oben).

In Betreff des feineren Baues der *Nucleolen* meldet *E. Zacharias*, dass durch Wasser die grossen *Nucleolen* von *Galanthus* eine centrale Masse von stärkerer Lichtbrechung und blasigei Beschaffenheit zeigen. Nach Blaufärbung der *Nucleolen* durch Blutlaugensalz-Eisenchlorid scheinen dieselben aus einem äusserst feinmaschigen blauen Gerüste und einer farblosen Zwischensubstanz zu bestehen. Entzieht man *Nucleolen* durch Magensaft einen Theil ihrer Substanz (Eiweisskörper), so bleibt ein *Plastin*-Gerüst zurück, das kein *Chromatin* enthält. In Betreff der Unterscheidung verschiedener Arten von *Nucleolen* durch *Carnoy* u. A. verweise ich auf die Zusammenstellung von *Waldeyer* (Ueber *Karyokinese*, Mikr. Arch., Bd. 32, S. 11).

Im Kernsafte kommen unter Umständen ganz besondere Bildungen vor. Als solche sind zu bezeichnen 1. Krystalle (Speicheldrüsen von *Nepa cinerea*, *Carnoy* [Biol. cellul., Fig. 111]; Keimbläschen von Fischen, *ich* [Würzb. Verh., VIII]). 2. Fadenförmige Gebilde eigener Art (Keimbläschen von Fischen, *ich*). 3. Körperchen unbekannter Art (Fettzellen von *Piscicola*, *Leydig*). 4. *Amylum*-Körner (Kerne von *Tradescantia*, *Strasburger*; von *Cereus spinosus*, *Frommann*; von *Clivia*, *Carnoy*). 5. *Glycogen* (embryonale Leber von *Limax*, *Carnoy*). 6. Fettröpfchen (*Noctiluca*, Larven von Krustern, *Oogonien* von Pilzen, *Carnoy*). 7. *Chlorophyll* (gewisse pflanzliche Kerne, *Weiss*, *Carnoy*). 8. Pigmentkörner (Eier von Krustern, *Carnoy*).

Fig. 18. Grosse Zellen aus der Milz eines Kätzchens mit sprossenden Kernen und 1—2 *Nucleoli* in den Sprossen, 350 Mal vergr.

9. Eiweissähnliche Gebilde und Fermentkörper (verästelte Kerne von *Yponomeuta*, Darmepithel von *Lumbricus*, *Carnoy*).

Die Körnchen im Kernsafte zeigen manchmal eine besondere Anordnung. Grössere *Nucleoli* haben einen lichten Hof und um denselben einen Kranz feiner Körnchen (Körnchenkreis von *Eimer*).

Ich erwähne nun noch einige besondere, z. Th. nicht hinreichend aufgeklärte Verhältnisse.

Einige Forscher wollen Bewegungen von Kernen, z. Th. von amoeboidem Charakter, wahrgenommen haben, wie *Schleicher*, *Stricker*, *Brandt*, *Weismann*, *Korschelt* u. A. Wenn auch die betreffenden Beobachtungen richtig sein mögen, so darf man doch mit *Flemming* (S. 99) die Frage aufwerfen, ob die gesehenen Formveränderungen wirklich von den Kernen selbst ausgingen und dies um so eher, als ganz sicher die ungeheure Mehrzahl der Kerne, von denen ja viele an lebenden höheren und niederen Thieren zu beobachten sind, keine Kontraktionserscheinungen darbietet.

Unter dem Namen Nebenkerne sind in den letzten Jahren, besonders in den Zellen des Samens und gewissen Drüsen, Bildungen beschrieben worden, die Kernen ähnlich sehen, aber sowohl mit Bezug auf ihre Entstehung als ihre Bedeutung noch so zweifelhaft erscheinen, dass hier einfach auf dieselben verwiesen wird. Gebilde anderer Art, wenn auch ebenfalls räthselhafter Natur, sind die Nebenkerne der Infusorien, die zugleich mit den Kernen sich theilen.

Eigenthümliche Bildungen sind auch die von *Henle* zuerst (Götting. Nachr., 1864) beschriebenen quergestreiften Kerne der Stäbchenzellen der Netzhaut der Säuger, in denen das *Chromatin* in Form von Querscheiben auftritt.

In Betreff der chemischen Verhältnisse der Kerne weiss man schon lange, dass dieselben in Säuren unlöslich sind und benützt man daher diese Substanzen, namentlich Essigsäure, um die Kerne und vor Allem auch ihre Gerüste und die *Nucleolen* zum Vorschein zu bringen. Je nach der Konzentration der Säure ist jedoch die Wirkung verschieden und bewirken stärkere Lösungen ein Zackigwerden und Schrumpfen der Kerne, während verdünnte Säuren die Gestalt derselben nicht ändern. Gerade umgekehrt wirken kaustische Alkalien, die in starken Lösungen die Form der Kerne anfangs wenig ändern und dieselben eher zum Quellen bringen. Bei längerer Einwirkung lösen sich die Kerne ebenso wie in dünnen Lösungen, in denen dieselben rasch erblassen und vergehen. Die rasche Färbung der Kerne in den verschiedensten Farbstoffen (Carmin, Haematoxylin, Saffranin, Anilinfarben) wird seit *Gerlach*, der diese Wirkung des Carmins entdeckte, als ein unschätzbares Hilfsmittel zur Darstellung derselben benutzt. In neuerer Zeit hat man weiter beobachtet, dass diese Substanzen vor Allem die Kernfäden und dann auch die *Nucleolen* färben, mit den übrigen Bestandtheilen dagegen gar nicht oder nur sehr schwach sich verbinden, was zur Unterscheidung chromatischer und achromatischer Kernelemente geführt hat. In chromsauren Salzen werden die Kerngerüste undeutlich.

Genauere Angaben über die chemischen Verhältnisse der Kerne verdanken wir *E. Zacharias* und *Fr. Schwarz*. Der Letztere nimmt in den Kernen fünf verschiedene Substanzen an: 1. *Chromatin* in den Kernfäden, 2. *Linin* (λίνον, Faden), im chromatischen Theile der Kernfäden, 3. *Pyrenin* (ὁ πυρήν, Kern) in den *Nucleoli*

4. *Amphipyrenin* in der Kernmembran und *Paralinin* im Kernsafte. Alle diese Substanzen sind löslich in Kalilauge, unlöslich und nicht quellend in verdünnten Säuren (*Ac. acet.* von 0,2; Salzsäure von 0,1). In Essigsäure von 50 % quellen alle diese Substanzen mit Ausnahme des *Chromatins*, das sich nicht verändert und in Eisessig wird letzteres vertheilt, während die anderen zu Gallerten sich gestalten. In $CuSO_4$ löst sich das *Chromatin*, die anderen Substanzen nicht. In Kochsalz von 10 % sind alle Kernsubstanzen löslich, in 20 % Lösung dagegen *Pyrenin* und *Amphipyrenin* unlöslich. Unlöslich oder schwerlöslich sind diese zwei Substanzen auch in Kalkwasser, Dinatriumphosphat und Salzsäure von 20 %, während die anderen 3 Stoffe löslich sind oder wie in der Säure ihre Struktur verlieren. Konzentrirt wirkt die Salzsäure wie Eisessig. In *Trypsin* löst sich *Pyrenin* am langsamsten, *Chromatin* am leichtesten. In Magensaft sind alle Kernstoffe unlöslich mit Ausnahme des *Paralinins.*

Stellt man die Hauptcharaktere zusammen, so ergiebt sich folgende Tabelle:

	Trypsin	Magensaft	Kochsalz 20 %	Kalkwasser
Pyrenin	langsam löslich	unlöslich	unlöslich	unlöslich
Amphipyrenin	leichter löslich	„	„	„
Linin	„ „	„	quillt	löslich
Paralinin	„ „	löslich	„	„
Chromatin	sehr leicht löslich	unlöslich	löslich	„

	Salzsäure 20 %	$CuSO_4$	verdünnte Säuren
Pyrenin	unlöslich	unlöslich	unlöslich
Amphipyrenin	„	„	„
Linin	Struktur geht verloren	„	gefällt
Paralinin	„	„	„
Chromatin	„	löslich	„

Vergleichen wir das *Linin* mit dem *Plastin* des Zell-*Protoplasma,* so ergeben sich als Hauptmerkmale, dass das letztere in Kochsalz von 10 % vollständig unlöslich ist und bei stärkerer Konzentration auch nicht aufquillt. Ebenso ist dasselbe unlöslich in konzentrirter Kalilauge und *Trypsin.* Von den Kernstoffen stehen sich die der *Nucleolen* und der Membran sehr nahe, unterscheiden sich aber wesentlich durch ihr Verhalten gegen Farbstoffe, indem das *Pyrenin* chromatisch ist, das *Amphipyrenin* nicht. Ebenso stehen sich *Linin* und *Paralinin* sehr nahe und sind vorläufig wohl kaum genügend unterschieden. *E. Zacharias* unterscheidet an den Kernen das *Chromatin* oder die *Nuclein-Substanz*, ferner das *Plastin*, welches er in die Kernfäden und die *Nucleoli* verlegt und in den letzteren noch Eiweisskörper. Das *Plastin* der Kernfäden ist nach *Schwarz Linin,* ob auch dasjenige der *Nucleoli* ist zweifelhaft. Den Eiweissgehalt der *Nucleoli* weist *Zacharias* durch Behandlung derselben mit Magensaft nach, wobei dieselben bis an 2/3 an Masse einbüssen, sowie durch Blaufärbung in Blutlaugensalz-Eisenchlorid. — In Betreff der Färbungen der Kerne bemerkt *Z.*, dass neutrale oder alkalische Farbstoffe vor allem die *Nucleolen*, sauere das *Chromatin* färben. Das *Chromatin* der Kerne und seine Beziehungen zu den *Nucleinen* von *Miescher* ferner hat *Z.* einlässlicher als andere ins Auge gefasst und betrachtet er das Kern-*Nuclein* als verschieden von dem *Nuclein* des Eidotters und der Milch, indem aus dem Ersteren nach *Kossel* (Zeitschr. f. phys. Chem., X, 1886) bei Zersetzung desselben durch siedende verdünnte Säuren, stickstoffreiche Basen, wie *Guanin, Hypoxanthin* u. s. w., entstehen, aus dem Letzteren nicht.

Endlich hat *Z.* auch den relativen Gehalt verschiedener Kerne einer besonderen Würdigung unterzogen. Aus seinen eigenen und anderen Erfahrungen ergiebt sich die wichtige Thatsache, dass gewisse Kerne sehr arm an *Chromatin* sind, vor Allem diejenigen der ausgebildeten pflanzlichen und thierischen Eier, die z. Th., abgesehen von den *Nucleoli,* nur sehr wenig oder gar keine färbbare Substanz enthalten. Daraus folgt jedoch noch nicht, dass denselben das *Chromatin* wirklich mangelt, wohl aber, dass dasselbe so spärlich oder so vertheilt ist, dass es sich durch Färbungen nicht nachweisen lässt. In grellem Gegensatze zu diesen Verhältnissen stehen die zu Samenkörpern umgewandelten Kerne, die fast ganz und gar aus *Chromatin* bestehen. Arm an *Chromatin* sind auch die ersten Kerne der Embryonen, während die späteren *Nuclei* sehr reich an demselben sind.

§ 10.

Lebenserscheinungen der fertigen Zellen, Lebensdauer. An allen Zellen treten eine bedeutende Zahl von Verrichtungen auf, die wie diejenigen des ganzen Organismus in animale und vegetative sich scheiden. Die letzteren betreffen sowohl die Grössen- und Formverhältnisse der ganzen Zellen und ihres Inhaltes als auch die chemische Zusammensetzung und können im Allgemeinen als Wachsthum und Stoffwechsel bezeichnet werden.

In Betreff der Lebensdauer der Zellen und ihrer Abkömmlinge weiss man schon lange, dass selbst beim Erwachsenen viele derselben nur kurzen Bestand haben und fortwährend durch neue Bildungen ersetzt werden, wie bei den Zellen bildenden Drüsen (Talgdrüsen, Milchdrüsen, Hoden, Eierstock und vielen Drüsen von Thieren). Aehnliches findet sich bei allen geschichteten Oberhautgebilden, bei denen nicht nur fortwährend die oberflächlichen Theile verloren gehen und aus der Tiefe ersetzt werden, sondern selbst ganze Organe, wie die Haare, ausfallen und neu sich bilden. Dasselbe darf wohl auch von den rothen Blutzellen angenommen werden und gilt sicher für die lymphoiden Elemente. Noch energischer sind diese Vorgänge beim wachsenden Organismus und bieten hier einmal der Zahn- und Haarwechsel und zweitens die Knochen mit ihren so ausgedehnten Resorptions- und Appositionserscheinungen die auffallendsten Beispiele dar. Angesichts dieser Thatsachen ist die Frage wohl berechtigt, ob alle Gewebe und Elementartheile des Erwachsenen solche Vorgänge zeigen oder ob gewisse derselben eine längere Lebensdauer haben oder vielleicht erst mit dem Gesammtorganismus untergehen. Wie die Sachen liegen, lässt sich für einmal eine bestimmte Antwort nicht geben, immerhin spricht Alles dafür, dass beim Erwachsenen — pathologische Fälle abgerechnet — viele Gewebe und Elemente eine längere Lebensdauer besitzen, wenn auch beim Nerven- und Muskelgewebe (*Stannius, Sigm. Mayer*) bei den Epithelien und Drüsen (*Bizzozero, Vassale, Paladino, Toldt*) eine Reihe Beobachtungen für eine zeitenweise auftretende Verjüngung sprechen.

§ 11.

Wachsthum der Zellen, Gestalt und Grössen-Veränderungen derselben. Fassen wir zuerst die Grössenverhältnisse der Elementartheile ins Auge, so ergiebt sich, dass zwar eine grosse Zahl von solchen im Laufe ihrer Entwickelung sich vergrössern und die Erscheinung darbieten, die man als Wachsthum bezeichnet. Auf der anderen Seite giebt es aber auch Fälle genug, in denen zellige Elemente im Laufe ihrer Entwickelung sich verkleinern oder ihre ursprüngliche Grösse im Wesentlichen beibehalten. Die sogenannte Furchung der Eier vieler Thiere bietet das auffallendste Beispiel einer weitgehenden Verkleinerung von Elementartheilen im Zusammenhange mit einer oftmals sich wiederholenden Theilung derselben dar, ein Vorgang, für den das Pflanzenreich nur wenige Seitenstücke bietet. In beiden organischen Reichen ferner zeigt sich ganz ausnahmslos die Erscheinung, dass bei den Pflanzen die meisten Zellen, bei Thieren die nach der Furchung auftretenden *Protoblasten* bei jeder Theilung in zwei kleinere Tochterstücke zerfallen, die dann wieder zur Grösse der Mutter-

zelle heranwachsen. Eine Verkleinerung eines einmal gebildeten Elementartheiles kommt dagegen unter normalen Verhältnissen nicht vor, wohl aber bewahren viele kugelige Elemente die bestimmte Grösse, die sie bei der ersten Entwickelung erlangt haben, wie z. B. die Blutzellen, die lymphoiden Zellen, die tiefsten Zellen von Oberhautgebilden, viele Drüsenzellen. Verbreiteter sind die Fälle, in denen Elementartheile an Grösse zunehmen und zwar geschieht dies in mehrfacher Weise. Von allseitigem Wachsthume spricht man, wenn die Elementartheile ohne Aenderung der Form an Grösse zunehmen, wie z. B. die Eier aller Thiere, viele Nervenzellen, die meisten Knorpelzellen und die Cysten im Samen vieler Geschöpfe. In anderen Fällen wird bei allseitiger Vergrösserung von Elementartheilen durch äussere Druckwirkungen eine gewisse Aenderung der Gestalt hervorgerufen, wie bei den polygonalen Elementen von Oberhäuten und Drüsen.

Viel häufiger ist einseitiges Wachsthum und verdanken demselben alle verlängerten Zellen von den einfachen Cylinderzellen und länglich runden Blutzellen bis zu den glatten und quergestreiften Muskelzellen ihren Ursprung. Noch weiter gehen die Veränderungen bei den sternförmigen oder verästelten Zellen, von denen die farblosen und gefärbten Bindegewebszellen, die verästelten Muskelzellen und viele Nervenzellen, ferner viele einzelligen Thiere mit den reichsten Verästelungen ihres Leibes die auffallendsten Beispiele abgeben.

An diesem Wachsthume der Zellen betheiligen sich in erster Linie und vor Allem das *Protoplasma* und die mittelbar oder unmittelbar aus demselben hervorgehenden anderen Strukturen des Zelleninhaltes. Doch bleiben auch die anderweitigen Theile der Zellen nicht unberührt. An den Zellen, die Membranen besitzen, treten Verdickungen derselben auf, die an allen geschichteten Oberhautbildungen leicht wahrzunehmen sind, ebenso bei den quergestreiften Muskelzellen (*Sarcolemma*), noch deutlicher bei den Knorpelzellen und den pathologischen Fettzellen. Diese Verdickungen beruhen zum Theil auf Ablagerungen auf die Innenseite der Membran, zum Theil auf Ablagerungen auf die Aussenfläche derselben und können diese letzteren als Kutikularbildungen den eigentlichen Verdickungen der Zellmembranen entgegengestellt werden. Von den ersteren wird weiter unten die Rede sein; die letzteren finden sich bei den Knorpelzellen, bei denen das Lumen der Zelle fast ganz schwinden kann, den Fettzellen und manchen Zellen von Wirbellosen.

Auch die Kerne und Kernkörperchen zeigen allseitiges und die ersteren auch einseitiges Wachsthum, und verweise ich mit Bezug auf abweichende in Folge des letzteren entstehende Formen der Kerne auf den § 9.

Das Wachsthum der Zellen hängt mit der Stoffaufnahme derselben aufs innigste zusammen, wovon im nächsten Paragraphen mehr. Hier möge nur bemerkt werden, dass beim allseitigen und einseitigen Wachsthume die Verhältnisse wohl nicht überall dieselben sind. Beim ersteren ist die Massenzunahme durch Aufnahme von neuen Stoffen von aussen klar, was dagegen die Vergrösserungen der Zellmembran in der Fläche und ihre Dickenzunahme betrifft, so können dieselben nicht anders gedacht werden, als indem man annimmt, dass aus den Flüssigkeiten, die dieselbe durchdringen und tränken, Theilchen sich niederschlagen und an die schon bestehenden Moleküle sich anlegen, bei

welchem Vorgange mit *Schwann* verschiedene Möglichkeiten denkbar sind, ohne dass sich bis jetzt über das eigentliche Wesen desselben irgend etwas hat ermitteln lassen. Bei der Entstehung spindel- und sternförmiger Elemente sind, sofern die Zellen bei demselben ihre Masse nicht ändern, sicherlich an vielen Orten Zusammenziehungen des *Protoplasma* betheiligt, in Folge deren die Zellen ihre Form ändern. Bleiben die Zellen frei und im Zustande von *Protoblasten*, so sind dann freilich solche Formen nicht nothwendig von Dauer, wie man bei den amoeboiden Zellen höherer und niederer Thiere zu sehen Gelegenheit hat, doch können dieselben allerdings in gewissen Fällen auch Bestand haben, wie bei den Flimmerzellen, deren Cilien als solche durch Bewegungen des *Protoplasma* erzeugte Bildungen angesehen werden können, und den Zellen der Bindesubstanzen, namentlich wenn dieselben unter einander Verbindungen eingehen, in welchem Falle dann bleibende Netze sternförmiger Elemente entstehen. Geschieht das einseitige Wachsthum mit Massenzunahme, wie bei den Muskelelementen beider Arten u. s. w., so sind die Vorgänge offenbar wesentlich dieselben, wie beim allseitigen Wachsthume.

Warum die Kerne, gewisse Ausnahmen abgerechnet, in ihren Wachsthumserscheinungen so viel einfacher sich verhalten als die Zellen, ist noch nicht klar, immerhin verdient hervorgehoben zu werden, dass aus den Untersuchungen von *Pfeffer* über die Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen (Unters. d. bot. Inst. in Tübingen, II, S. 183), die lehren, dass in lebenden Zellen nie eine Färbung des Kernes vorkommt, hervorzugehen scheint, dass die osmotischen Verhältnisse der Kernmembran ganz andere sind, als die des Zellen-*Protoplasma*. Uebereinstimmend hiermit fand auch *O. Schultze*, dass bei lebenden Tritonen und Froschlarven in sehr verdünnten wässerigen Lösungen von Methylenblau die Kerne ungefärbt bleiben, während die Altmann'schen *Granula* sehr vieler Zellen den Farbstoff aufnehmen. Trat in den Kernen schliesslich eine schwache Färbung auf, so war dies ein sicheres Zeichen des nahenden Todes der Thiere (Anat. Anz., 1887, Nr. 22). Auf der anderen Seite beachte man, dass Indigkarmin, lebenden Thieren eingespritzt, die Kerne der Nierenzellen färbt (*Chronczonczewski, Heidenhain, ich*); dagegen werden bei Knorpelzellen nach *L. Gerlach* nur die Zellenkörper, die Kerne dagegen erst im Tode blau.

Von den das Zellenwachsthum beeinflussenden Kräften wird in den nächsten Paragraphen die Rede sein.

Für die Erforschung des Wachsthums der Zellmembranen bietet das Pflanzenreich nach der einen Seite eine ganz andere Mannigfaltigkeit der Erscheinungen dar, als das Thierreich, nämlich was die inneren Ablagerungen auf dieselben betrifft, wogegen die im Thierreiche so sehr verbreiteten Kutikularbildungen — man denke nur an die Bedeckungen der Gliederthiere — bei den Vegetabilien eine minder wichtige Rolle spielen. In Betreff der Erklärung des Wachsthumes der Zellmembranen liegen von Seiten der Botanik viele Versuche vor, unter denen die von *v. Nägeli* schon vor langer Zeit aufgestellte Intussusceptionstheorie die am besten im Einzelnen durchgeführte ist. Doch hat sich derselben gegenüber auch eine Hypothese geltend zu machen gewusst, welche nicht nur das Dickenwachsthum, sondern auch die Flächenvergrösserung oder das, was gemeinhin als Längenwachsthum bezeichnet wird, durch Apposition zu erklären versucht, in welcher Beziehung besonders die Arbeiten von *Noll* (Unters. ü. d. Wachsthum d. Zellmembran, 1887) und von *G. Klebs* (Beiträge z. Physiol. d. Pflanzenzelle in Unters. d. Tübinger bot. Instit., Bd. II, 1888) zu vergleichen sind, aus denen so viel mit

Sicherheit hervorgeht, dass in manchen Fällen auch das Längenwachsthum der Pflanzenzellen auf Anlagerungen beruht und mit solchen einhergeht. Doch wollen auch diese Forscher die Frage nicht im Allgemeinen entscheiden und drücken sich nur dahin aus, dass für das Dickenwachsthum der Zellmembranen die Appositionslehre am besten gestützt sei. — Was thierische Zellmembranen anlangt, so ist meiner Meinung nach bei der Flächenvergrösserung derselben vor allem an Wachstum durch Intussusception zu denken und kenne ich keine Thatsache, die der Annahme einer Vergrösserung durch Apposition Raum böte. Die längsten Elementartheile mit Membranen, die Muskelfasern, zeigen während ihrer ganzen Entwickelung nichts, was für Anlagerung spräche und dasselbe gilt auch für alle anderen thierischen Zellmembranen.

Die Beziehungen der Zellmembranen zum *Protoplasma* sind mit Bezug auf die Frage ihres Wachsthumes auch von Belang. Bei den pflanzlichen Zellen ist die Frage noch unerledigt, ob die Cellulosenmembran als Ausscheidung des *Protoplasma* oder (*Schmitz, Strasburger*) durch eine direkte Umbildung der oberflächlichsten Lagen desselben sich bilde, doch scheint die letztere Ansicht mehr für sich zu haben (S. *Klebs* l. c.). Sollte dem wirklich so sein, dass die chemisch so abweichende Cellulosenhaut in der That aus dem *Protoplasma* hervorgeht, so würde bei den thierischen Zellen um so eher an solche Verhältnisse zu denken sein, bei denen auch die Membranen N haltig sind, doch ergäbe sich dann hier bei *Protoblasten* die andere Schwierigkeit, direkte Umwandlungen des *Protoplasma* von erhärtenden Zellenausscheidungen zu unterscheiden und scheint es mir vorläufig gerathen, alle Ausscheidungen von *Protoblasten* als Zellmembranen zu betrachten, wie z. B. das *Sarcolemma.*

Der letzte Grund für das allseitige und einseitige Wachsthum der thierischen und pflanzlichen Zellen (S. auch *Klebs* l. c., S. 530) liegt nicht in den Membranen, sondern im *Protoplasma,* wie am besten die vielen eigenthümlich gestalteten *Protoblasten* der Thiere und die membranlosen, einzelligen Wesen beider Reiche mit besonderen Gestaltungen lehren, doch sind uns die eigentlichen Triebfedern desselben gänzlich unbekannt und lässt sich nur vermuthungsweise aussprechen, dass die Kerne einen wesentlichen Einfluss auf diese Vorgänge haben (S. § 14).

§ 12.

Stoffwechsel der Zellen. Die vegetativen Lebenserscheinungen thierischer Zellen, deren deutlichster Ausdruck das im vorigen Paragraphen besprochene Wachsthum bildet, bestehen, wie beim Gesammtorganismus, wesentlich aus drei Vorgängen, die sich mit den Ausdrücken Stoffaufnahme, Stoffumwandlung und Stoffabgabe bezeichnen lassen. Um diese Vorgänge klar zu übersehen, wäre es vor Allem nöthig, eine genauere Kenntniss der chemischen Verhältnisse und des molekulären Baues des Zelleninhaltes zu haben, als wir sie besitzen. Ersteres anlangend, so sind nur zwei einfachere Zellenarten, das Ei und die Blutzellen, sorgfältiger untersucht, allein die letzteren verhalten sich gerade so eigenthümlich, dass sie unmöglich als Vorbild der Zellen im Allgemeinen gelten können und sind wir somit eigentlich allein auf die Untersuchungen über den Eidotter der Vögel angewiesen. Immerhin lässt sich aus diesen, zusammengehalten mit dem, was die chemische Untersuchung zellenreicher Organe, wie der Leber, der Nieren und des Pancreas, dann gewisser umgewandelter Zellen, wie der animalen Muskelzellen, endlich die mikrochemische Prüfung vieler Zellen gelehrt hat, manche wichtige Thatsache entnehmen, die in den nächsten Paragraphen zur Verwerthung zu kommen hat. Was dagegen die molekuläre Struktur der Zellen betrifft, so sind wir in dieser Beziehung ganz und gar im Dunkeln und vorläufig nur auf Hypothesen angewiesen.

§ 13.

Stoffaufnahme und Stoffumwandlung der Zellen. Aus den Betrachtungen der früheren Paragraphen hat sich ergeben, dass die thierischen Elementartheile mit Bezug auf die Beschaffenheit ihres Inhaltes sehr verschiedene Verhältnisse darbieten.

Neben Zellen, die *Protoplasma* allein enthalten, finden sich andere, die mit dem dichteren *Protoplasma* scheinbar gleichmässig gemengt, Körner verschiedener Art abgelagert zeigen, dann solche, die *Protoplasma* und *Hyaloplasma* ganz getrennt, jeden Saft in einem besonderen Raume, enthalten, endlich auch, obschon selten, eine Art, die nur *Hyaloplasma* und kein *Protoplasma* mehr oder wenigstens nur geringe Mengen von solchem enthält. Ja es kommen selbst Zellen vor, die überhaupt keinen Inhalt mehr besitzen. Es ist nun die Aufgabe des Mikroskopikers zu zeigen, wie diese verschiedenen Gestalten zu einander sich verhalten und überhaupt nachzuweisen, welchen Gesetzen der Stoffwechsel in den Zellen folgt.

Richten wir unser Augenmerk zuerst auf die Vorgänge im Innern der Zellen und nehmen wir die ersten Elemente von Embryonen als Ausgangspunkt, so finden wir, dass dieselben bei allen Geschöpfen neben dem *Protoplasma* auch eine gewisse Menge von geformten Theilchen (Dotterelemente aller Art) enthalten, welche als Nährstoff für dieselben anzusehen sind. Denn verfolgen wir diese Zellen weiter, so zeigt sich — was am schönsten bei den Batrachiern nachzuweisen ist — dass die fraglichen Theilchen nach und nach einschmelzen und sich auflösen, während zugleich die Zellen durch fortgesetzte Theilungen sich vervielfältigen. Zugleich beginnen auch schon in manchen Zellen besondere Thätigkeiten, wie die Bildung einer eigenen Zellflüssigkeit (Blutzellen), oder ein besonderer Gestaltungsvorgang im *Protoplasma* (Ablagerung der quergestreiften Fasern in den Muskelzellen), oder die Absetzung von neuen Stoffen in unlöslicher Form (Pigmentzellen). In sehr vielen embryonalen Elementen fehlen jedoch solche besonderen Vorgänge und beruht ihr Leben einfach darauf, dass dieselben nach und nach den vom Dotter erhaltenen Nährstoff aufzehren, bis sie endlich nichts anderes als einen Saft enthalten, den man als das Vorbild des *Protoplasma* ansehen kann. Sind die Zellen einmal so weit, so tritt eine Reihe von Erscheinungen in den Vordergrund, die z. Th. wohl auch schon früher, aber nicht in erster Linie vertreten waren, nämlich eine Wandelbarkeit des *Protoplasma*, die im Kleinen an das erinnert, was der Organismus im Grossen zeigt. Wenn wir oben annahmen, dass in den monoplasmatischen Zellen nur *Protoplasma* enthalten sei, so war dies doch nicht so zu verstehen, als ob dieselben immer und unwandelbar einen und denselben Inhalt besässen, vielmehr ist nicht zu bezweifeln, dass auch in diesen Elementen der Inhalt bis zu einem gewissen Grade einem beständigen Wechsel unterliegt, einerseits immerwährend langsam sich auflöst und anderseits wieder neu sich bildet. Nehmen wir gestützt auf die oben mitgetheilten Untersuchungen an, dass das *Protoplasma* wesentlich aus in Wasser unlöslichen Eiweisskörpern besteht, die mit einer gewissen Menge in Wasser gelösten Stoffen (Salzen, glycogener Substanz, Zucker) getränkt sind, und ausserdem neutrale und stickstoffhaltige Fette und gewisse

Salze (Erdsalze) fester gebunden enthalten und setzen wir ferner voraus, dass der Zelleninhalt in einer beständigen Wechselwirkung mit den umgebenden Flüssigkeiten ist, so dass vor Allem Sauerstoff, gelöste Eiweisskörper und Salze in die Zelle eindringen, so ergiebt sich für gewöhnlich ein Stoffwechsel, bei dem einestheils durch Umsetzung des *Protoplasma* lösliche, stickstoffhaltige Substanzen (z. B. Leucin, Tyrosin, Kreatin, Hypoxanthin, Harnsäure), ferner ebenfalls lösliche stickstofflose Stoffe (Zucker, organische Säuren), endlich auch gewisse Salze, Kohlensäure und Wasser sich bilden, während anderntheils das *Protoplasma* in seinen wesentlichen Theilen neu sich ergänzt. Die Energie dieser Vorgänge wird natürlich bei verschiedenen Zellen sehr wechseln. Es wird ferner Elemente geben, bei denen die Auflösung des *Protoplasma* und der Ansatz sich das Gleichgewicht halten, andere, bei denen der Ansatz vorwiegt und noch andere endlich, bei denen die Auflösung das Uebergewicht hat. Endlich wird jeder dieser Vorgänge nicht immer an besondere Elemente gebunden sein, sondern an einem und demselben Gebilde in verschiedenen Zeiten vorkommen können, was dann leicht begreiflich eine grosse Zahl von Erscheinungsformen bedingt, welche zweckmässig noch durch einige Beispiele dem Verständnisse näher gebracht werden.

Halten wir uns für einmal nur an die einfacheren monoplasmatischen Zellen, so finden wir als Elemente, bei denen Ansatz und Auflösung sich das Gleichgewicht halten, erstens eine Menge Zellen ohne besonders hervortretende eigenthümliche Verrichtung, wie die Knorpelzellen des erwachsenen Organismus, die Elemente einfacher Epithelien, die Zellen der follikulären Drüsen, der Knochen und andere mehr, zweitens aber auch Gebilde, wie die Muskelfasern und Nervenzellen, bei denen eine ganz besondere Leistung einen zeitenweise ungemein gesteigerten Stoffwechsel mit sich bringt. Da die chemische Zusammensetzung der Muskelzellen und auch ihre Umsetzungsstoffe ziemlich genau bekannt sind, so geben uns dieselben einen vortrefflichen Fingerzeig über die Art des Stoffwandels im Innern von Elementen, wobei freilich nicht zu vergessen ist, dass derselbe wohl nicht überall so verwickelt ist, wie bei diesen so ungemein wichtigen Gebilden. Von besonderer Bedeutung sind auch die Zellen der Leuchtorgane von *Lampyris*, deren eiweissreiches *Protoplasma* zeitenweise einer so mächtigen Verbrennung unterliegt, dass dabei Lichtentwickelung entsteht, bei welchem Vorgange auch, wie ich gezeigt habe, mikroskopisch nachweisbar harnsaures Ammoniak entsteht. — Zellen, bei denen der Ansatz vorwiegt, sind alle, die sich vergrössern, wie die sich entwickelnden Muskelzellen beider Arten, die Linsenfasern, gewisse Drüsenzellen (Samenzellen, Eier) u. s. w., dann einfach die Elemente, die einem länger andauernden oder immerwährenden Vermehrungsvorgange unterliegen, wie viele embryonale Zellen, die tiefsten Elemente von Horngebilden, sich vermehrende Knorpelzellen u. a. m. — Elemente endlich, bei denen das *Protoplasma* vorwiegend in Auflösung begriffen ist, finden sich in allen physiologisch oder pathologisch schwindenden Organen, dann auch in gewissen bleibenden Theilen, wie bei den Bindegewebskörperchen der elastischen Bänder junger Geschöpfe, die mit der Entwickelung derselben zum Theil verloren gehen.

Wenden wir uns von den monoplasmatischen zu den zusammengesetzteren diplasmatischen Zellen und den Zwischenformen beider, so finden wir auch bei

diesen im Wesentlichen die nämlichen Grunderscheinungen. Bemerkenswerth ist in chemischer Beziehung die Bildung besonderer Stoffe, die an bestimmte Organe gebunden sind, wie die von Schleimstoff, von löslichen und unlöslichen N haltigen Körpern eigener Art (Pepsin, Pancreatin, Eiweisskörper der Dotterplättchen der Fische und Amphibien), von Farbstoffen (Hämatin, Gallenfarbstoff, Melanin), von Fetten, Gallensäuren, Harnbestandtheilen u. s. w., von welchen Stoffen übrigens hervorgehoben zu werden verdient, dass ihre physiologische Bedeutung eine sehr verschiedene ist, indem die einen für das Zellenleben weiter keinen Werth besitzen, die andern dagegen, ähnlich den Amylumkörnern der Pflanzenzellen, einen Nährstoff darstellen, der später Verwendung findet und wieder zu *Protoplasma* sich gestalten kann. In morphologischer Hinsicht zeigen sich an diesen Zellen besonders zwei Verhältnisse. In den einen Fällen lagern sich die neugebildeten oder frei gewordenen Stoffe in fester Form im *Protoplasma* ab, wie die Körner von Pigment, die Eiweisskörperchen im Dotter, die Körner von harnsauren Salzen, von Kalksalzen (Zellen von niederen Thieren) u. s. w., während sie in andern im flüssigen Zustande verharren und dann wiederum ein doppeltes Schicksal erleiden. Die einen Zellflüssigkeiten nämlich bleiben ziemlich gleichmässig im *Protoplasma* vertheilt und sind zur Ausscheidung bestimmt, wie die Erzeugnisse vieler Drüsen, die andern dagegen sammeln sich im Innern der Zellen in besonderen Räumen an und geben zur Bildung der ächten diplasmatischen Zellen Veranlassung, die oben schon aufgezählt wurden. Auch bei diesen Zellen allen treten übrigens die Lebenserscheinungen mit mannigfachen Abänderungen auf, wie bei denen mit einfachem *Protoplasma*. Gewisse Zellen zeigen lange fortdauerndes Wachsthum mit immerwährender Ablagerung fester Körperchen und *Protoplasma* im Innern (Eizellen), andere verbrauchen ihr *Protoplasma* unter gleichzeitiger Bildung einer gewissen Menge von Zellflüssigkeit (Fettzellen, Blutzellen, Zellen der Chorda, der Leber und Nieren von Mollusken), so dass dasselbe am Ende nur noch spurweise vorhanden ist oder selbst ganz fehlt. Noch andere endlich bilden immerwährend besondere Stoffe aus dem *Cytoplasma*, ergänzen aber auch dasselbe stets neu (Zellen von Drüsen), ein Vorgang, der am klarsten bei den einzelligen Drüsen sich verfolgen lässt, die neben dem Hohlraume, der die Ausscheidung aufnimmt, stets eine reiche Menge von *Protoplasma* zeigen und bewahren.

Hier sei auch noch kurz der eigenthümlichen Erscheinungen gedacht, die bei jenen einzelligen Thieren vorkommen, die feste pflanzliche oder thierische Nahrung durch einen Mund oder durch Einpressen aufnehmen und die einfach als Verdauung durch Zellen bezeichnet werden können. So lösen Rhizopoden und Infusorien die Eiweissubstanz von Pflanzen und Thieren und die letzteren auch Stärke; dagegen bleibt Oel unverändert (*M. Meissner* in Z. f. w. Zool. Bd. 46). Und bei den lymphoiden Zellen höherer Thiere spielt diese intracellulaere Verdauung bei der Atrophie von Organen und Geweben (Larvenschwanz von Amphibien, Puppen von Schmetterlingen) und bei der Zerstörung von Fremdgebilden, vielleicht auch von Mikrokokken, eine wichtige Rolle, so dass man diese Elemente mit dem besonderen Namen der *Phagocyten* (Fresszellen) *Metschnikoff* bezeichnet hat.

Versuchen wir, den eben geschilderten Erscheinungen des Stoffwechsels der Zellen näher auf den Grund zu kommen, so tritt uns vor Allem die Frage

entgegen, in welcher Weise die Stoffaufnahme der Zellen sich macht. Gehen wir vom Pflanzenreiche aus, das nach einer Seite viel einfachere Verhältnisse zeigt als das Thierreich, so finden wir, dass bei demselben fast ausschliesslich diosmotische Strömungen als Triebfedern der Stoffaufnahme durch die Zellen auftreten, neben denen andere Momente, wie Imbibitionserscheinungen und Druckwirkungen (Verdunstung) eine im Ganzen untergeordnetere Rolle spielen. Die Cellulosenmembran der Pflanzenzellen tränkt sich mit allen gelösten Stoffen, die im Wasser oder der Erde enthalten sind und wenn dieselben an das *Protoplasma* gelangen, so beginnt die oberflächliche Lage desselben oder die sogenannte Hautschicht (der von *Mohl* früher Primordialschlauch genannte Theil) ihre osmotischen Wirkungen zu entfalten, indem dieselbe gewisse Stoffe abweist, andere durchlässt, bei welchen Vorgängen z. Th., gerade wie bei künstlich erzeugten Membranen (*Traube*), die Molekularstruktur der betreffenden Lage, z. Th. die Lebenserscheinungen im Innern der Zelle eine Rolle spielen, in welcher Beziehung vor Allem die Arbeiten von *Pfeffer* (Osmotische Untersuchungen 1877 und Ueber die Aufnahme von Anilinfarben durch lebende Zellen in Tübing. bot. Unt. 1866) zu vergleichen sind.

Bei den thierischen Zellen treten bei der Aufnahme von Stoffen die Leistungen der einzelnen Zellen mehr in den Hintergrund und verhalten sich dieselben an sehr vielen Orten wie für Flüssigkeiten durchdringliche, gleichartige Filter, während die eigentliche Triebkraft vom Blutdrucke geliefert wird. So sind beim Transsudiren der Blutflüssigkeit aus den Kapillaren und kleinen Gefässen offenbar die Endothelzellen ohne erheblichen Einfluss und ebenso treibt der Blutdruck auch die ausgetretene Ernährungsflüssigkeit weiter in Zellen aller Art (Muskelzellen, Nervenzellen, Drüsenzellen, Epithel- und Oberhautzellen u. s. w.) hinein, ohne dass dieselben bei diesem Vorgange mehr sich betheiligten, als andere für Lösungen in verschiedenen Graden durchdringliche Substanzen. Ja es treibt derselbe Blutdruck auch die Ernährungsflüssigkeiten wieder aus den genannten Zellen heraus, bei welchem Vorgange dann allerdings der Chemismus im Innern der Zellen verschiedentlich umgestaltend eingreift.

Dem Blutdrucke ähnlich, jedoch in engeren Grenzen als bei Pflanzen, wirkt bei Thieren auch die Verdunstung.

Andere Verschiedenheiten bedingt bei den Thieren die eigenthümliche Art der Nahrungsaufnahme und die Verschiedenheit der Nährstoffe. Während die Pflanzen nur Lösungen einfachster Art (Wasser, Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure, gewisse Salze) aufnehmen und aus denselben alle ihre Stoffe bilden, sind die Thiere dadurch bezeichnet, dass dieselben wesentlich feste Substanzen sich einverleiben und von zusammengesetzten Körpern (Eiweiss, Kohlenhydrate, Fette) sich nähren. Selbst viele einzellige thierische Organismen, nehmen feste Nahrung entweder durch einen Mund auf (Infusorien), oder dadurch, dass sie dieselbe in ihr *Protoplasma* einpressen (Amoeben, Moneren, Rhizopoden, Radiolarien) und kommen nur bei wenigen Thier-Formen, wie bei den Gregarinen, Opalinen, Spongien, Cestoden, dann bei den Elementen der Embryonen und den in Flüssigkeiten enthaltenen Zellen aller Thiere, wie den Blutzellen, jene Fragen in Betracht, die bei der Schilderung der Stoffaufnahme der Pflanzenzellen eine so grosse Rolle spielen.

Einzelnheiten anlangend ist es am gerathensten, die einfachsten Fälle als Ausgangspunkte zu nehmen, wie sie, anschliessend an das, was die einzelligen Pflanzen zeigen, bei gewissen niederen Thieren, den Zellen junger Embryonen und den frei in Flüssigkeit schwimmenden Zellen höherer Geschöpfe sich finden. Nehmen wir die *Spongien*, deren Stoffwechsel eine grosse Aehnlichkeit mit demjenigen der Pflanzen darzubieten scheint, aus, so finden wir, dass alle *Protozoen* gegenüber dem süssen und salzigen Wasser, das sie umgiebt, ihre typische Zusammensetzung mit grosser Zähigkeit bewahren, mit dem Erlöschen des Lebens dagegen zerfliessen. Da das Wasser unzweifelhaft durch die Grenzschicht dieser Organismen in ihr *Protoplasma* eindringt, so kommen, wie es scheint. vor Allem zwei Möglichkeiten in Frage, um die im Ganzen gleichbleibende Zusammensetzung dieser Organismen zu erklären. Entweder verwerthen dieselben das eingedrungene Wasser mit seinen anderweitigen Bestandtheilen ebenso wie die einzelligen Pflanzen zu Synthesen, zur Bildung von Eiweiss und Kohlehydraten, oder sie pressen dasselbe durch Zusammenziehungen ihres *Protoplasma* wieder aus sich heraus, in welchem Falle sowohl an die kontraktilen Vacuolen, als an allseitige Zusammenziehungen zu denken wäre. Eine dritte Möglichkeit wäre die, dass solche Organismen, wie gewisse einzellige Pflanzen und die Zellen der Wurzeln höherer Gewächse, auf der einen Seite Wasser aufnehmen, auf der anderen solches abgeben (S. *Pfeffer* osmot. Unters. S. 223 u. flgde.). Bei Thieren, die in salzigem Wasser leben, sind, entsprechend der Konzentration desselben, die Verhältnisse natürlich andere, als wenn süsses Wasser das Medium ist und spielt hier eine ausgleichende Diosmose die Hauptrolle.

Wie die Thierformen des süssen Wassers müssen sich auch alle Zellen verhalten, die von Wasser oder verdünnten Lösungen befeuchtet sind, wie diejenigen der Oberhaut aller im Wasser lebenden höheren Thiere und die Epithelzellen des Darmkanals unter gewissen Verhältnissen u. a. m., doch wird in diesen Fällen nur an die dritte Möglichkeit, d. h. an eine starke Wasseraufnahme und -Abgabe, zu denken sein, die ja auch beim Darmepithel leicht nachzuweisen ist, bei welcher jedoch später zu erwähnende, vom Blute in den Gefässen ausgehende osmotische Wirkungen auch eine grosse Rolle spielen.

Sind die Lösungen, die Zellenflächen benetzen, konzentrirter (Oberhäute der in salzigem Wasser lebenden Thiere, gewisser Drüsenräume, wie der Gallen- und Harnwege, Blutzellen) oder von eigenthümlicher (colloider) Beschaffenheit (Schleimdrüsen, Magensaftdrüsen), so treten dann besondere osmotische Verhältnisse auf, von denen die Beachtenswerthesten die sind, dass gewissen Substanzen der Eintritt in die Zellen verweigert wird. So wird im Leben weder der Harn in der Blase, noch der Gallenfarbstoff in den Gallenwegen und im Darme resorbirt, und ebensowenig wirkt der Magensaft und der Bauchspeichel auf die Darmwandungen, Verhältnisse, die alle im Tode sich ändern. Die Erklärung eines Theiles dieser Erscheinungen liegt vielleicht darin, dass der Schleim, der die betreffenden Epithelien deckt und erfüllt, die Endosmose der genannten Lösungen verhindert oder die Grenzhaut der Zellen sie nicht durchlässt, wie ja auch Pflanzenzellen nach *Pfeffer* nicht alle Farbstoffe aufnehmen. Dieselbe Deutung passt auch für viele zufällig dem Organismus einverleibte Stoffe. So ist bekannt, dass Schlangengift, Wuthgift, *Curare*, von den Darmepithelien nicht oder nur in sehr geringer Menge aufgenommen wird. Dagegen scheinen dem Organismus fremde Farbstoffe, wie vom Indigkarmin und Methylenblau nachgewiesen ist, von lebenden Zellen aufgenommen zu werden. Lebende Protisten nehmen gewisse Farbstoffe auf und weisen andere ab, wie die Versuche von *Brandt*, *Certes* und *Henneguy* ergaben (*Bütschli*, *Protozoen*, S. 1538).

Eine eigenthümliche Reihe von Erscheinungen laufen an Elementartheilen ab, die zum Theil als Zellenausläufer anzusehen sind, wie die Nervenfasern, d. h. ihre Achsencylinder, z. Th. die Bedeutung von umgewandelten Kernen haben, wie die Samenfäden. Beide Gebilde können als festweiche, gleichartige Körper angesehen werden, bei denen die Annahme einer osmotisch wirkenden Grenzhaut sich nicht rechtfertigen liesse. Es [sind daher die Vorgänge der Stoffaufnahme und -Abgabe bei denselben als echte Imbibitionserscheinungen anzusehen, und giebt es keine günstigeren Objekte zum Studium derselben, da die betreffenden Theile durch ihre Lebenserscheinungen, hier die Bewegungen, dort die Reizbarkeit, ihren Zustand anzeigen. Als Beispiele hebe ich aus zahlreichen Versuchen, die ich in diesem Sinne angestellt (Siehe Phys. Unt. über die Samenflüssigkeit Zeitschr. f. w. Zool. Bd. VII), nur folgende hervor. Wasser hebt die

Bewegungen der Samenfäden auf, doch sind dieselben nicht todt, vielmehr tritt die Bewegung wieder ein nach Zusatz konzentrirterer Lösungen von indifferenten Salzen, Zucker, Eiweiss, Harnstoff u. s. w. In gewissen bestimmten Lösungen dieser Stoffe halten sich die Samenfäden länger beweglich, während verdünnte und stärkere Lösungen schädlich wirken. In solchen Fällen wirkt einerseits Wasser, anderseits eine konzentrirte unschädliche Lösung belebend und lassen sich so die Samenfäden viele Male hintereinander zur Ruhe bringen und wieder beleben. Ganz ähnlich wirken diluirte und konzentrirte Lösungen auch auf Nervenfasern.

Ich wende mich nun zu den verwickelteren Verhältnissen und betrachte in erster Linie einige Vorgänge, die mit der Einwirkung des Blutdruckes auf die Säftebewegung in Zellen zusammenhängen. Durch den Blutdruck werden nicht nur normale Bestandtheile des Blutes in Zellen eingetrieben, sondern auch zufällig oder künstlich dem Blute einverleibte Stoffe. Das auffallendste Beispiel der Art hat vor Jahren *Chronczonczewski* entdekt, als er nachwies, dass Indigokarmin ins Blut eines Kaninchens gespritzt, in den Gallenkapillaren abgeschieden wird, wobei dasselbe natürlich vorher die Leberzellen durchwandern muss. Derselbe Autor und *Heidenhain* fanden dann, dass der nämliche Farbstoff auch in die Harnkanälchen übergeht und dabei auch Kerne und Inhalt der Nierenepithelien färbt, Beobachtungen, die ich in der 5. Auflage dieses Werkes bestätigte. Wenn *Pfeffer* aus dem Umstande, dass Indigokarmin von Pflanzenzellen nicht aufgenommen wird, wohl aber von den Zellen der Niere, an eine spezifische Eigenthümlichkeit des *Protoplasma* dieser denkt, so ist ein solcher Schluss wohl kaum zulässig, da beim Thiere nicht osmotische Verhältnisse, sondern der Blutdruck das Eindringen bewirken. Weitere Beispiele der Art sind die Färbung der Intercellularräume der Oberhäute und von gewissen Zellen durch Indigokarmin (*J. Arnold, L. Gerlach, Thoma*), ferner die der lebenden Nervenfasern durch in das Blut infundirtes Methylenblau (*Ehrlich*) und der Granula von *Altmann* in den verschiedenartigsten Zellen lebender Frosch- und Tritonenlarven (und auch erwachsener Thiere) bei Einbringung derselben in sehr verdünnte wässerige Lösungen von Methylenblau (*O. Schultze* l. s. c.). Bei den letzten Versuchen stellte sich auch die Thatsache heraus, dass die lebend gebläuten Larven in 8 Tagen in reinem Wasser wieder vollkommen entfärbt wurden, ein Beweis für die unter dem Einflusse des Blutdruckes rasch vor sich gehende Stoffaufnahme und Abgabe, der zierlicher und schlagender nicht gedacht werden kann. Einer ferneren Prüfung werth ist der Umstand, dass *Schultze* bei seinem Verfahren keine Nervenfaserfärbung erhielt und dass *Ehrlich*'sche Infusionen die *Granula* im Allgemeinen ungefärbt lassen.

Weiter verdient die grösste Beachtung, dass nicht alle Stoffe, die der Blutdruck in Zellen eintreibt, auch aus denselben wiederum austreten. Dies geschieht wohl bei der Bildung der serösen Absonderungen in den serösen Häuten, des *Liquor cerebrospinalis* der Amnionflüssigkeit und in pathologischen Fällen; bei den Drüsenabsonderungen dagegen tritt der Chemismus der Drüsenzellen in sein Recht, sei es, dass diese Zellen einen Theil der eingedrungenen Blutbestandtheile zurückhalten, oder dieselben umwandeln. Ersteres ist bei allen Drüsen der Fall, deren Sekret kein Eiweiss enthält, wie z. B. bei den Nieren und Thränendrüsen, deren Epithelzellen sicherlich Eiweiss aus dem Blute aufnehmen und für sich verwenden, letzteres bei den Organen, die besondere Stoffe erzeugen, wie vor Allem bei den Schleimdrüsen, den Magensaftdrüsen, dem Pankreas, den fettabsondernden Milch- und Talgdrüsen. Aehnliches geschieht wohl auch in manchen anderen Elementartheilen, wie vor Allem in den Muskel-, Harn- und Nervenelementen, ist jedoch hier nicht so leicht im Einzelnen nachzuweisen.

Eine grosse Eigenthümlichkeit der Thiere sind die Wechselwirkungen, die zwischen dem Blute in den Gefässen und den Flüssigkeiten statthaben, die in den kleineren und grösseren typischen Hohlräumen des Körpers (Darmhöhle, Drüsengänge u. s. w.) und den Gewebslücken sich finden, in Folge welcher eine Menge Flüssigkeitsbewegungen, Resorptionen, endosmotische und exosmotische Strömungen auftreten, bei denen die zelligen Elemente nur wenig oder gar nicht sich mitbetheiligen, weshalb eine genauere Schilderung dieser Vorgänge der Physiologie überlassen bleiben muss.

Auch die Wirkungen der Verdunstung an der Gesammtoberfläche des Körpers und in den Lungen können aus demselben Grunde hier nur angedeutet werden, obgleich auch sie mächtige Flüssigkeits- und Gasbewegungen durch Zellen mit sich bringen.

§ 14.

Für die Erklärung der Vorgänge im Innern der Zellen hat sich bis jetzt nur ein geringes Verständniss eröffnet, immerhin kann man jetzt schon auf folgende Thatsachen aufmerksam machen.

1. Ist nicht zu bezweifeln, dass der Stoffwechsel der Zellen hauptsächlich am *Protoplasma* abläuft, indem die Bildung von Stoffen in Zellen von diesem aus geschieht und die Ernährung derselben stets auf die Bildung von Zellsaft hinausläuft. Das *Protoplasma* ist somit der beim Chemismus vorzugsweise betheiligte Stoff der Zellen, wofür auch das spricht, dass dasselbe allein bei den unten zu schildernden Bewegungserscheinungen der Zellen eine Rolle spielt. Neben dem *Protoplasma* haben aber auch vor Allem die Kerne, dann die *Granula* aller Art und selbst das *Hyaloplasma* ihre Bedeutung.

2. Von diesen Theilen möchten die Kerne den grössten Einfluss haben und selbst dem *Protoplasma* noch vorgehen. Denn ebenso wie Kerne die Befruchtung bedingen und die Vermittler der Vererbung sind, erscheinen dieselben auch als Hauptfaktoren der Zellentheilungen. Ferner sind dieselben die Mittelpunkte für gewisse Formen der Saftströmung und für die Bildung von Niederschlägen in Zellen und die Auflösung von Zellbestandtheilen. Endlich haben dieselben auch den entschiedensten Einfluss auf das Wachsthum und die Gestaltung der Zellen, wie am besten auf der einen Seite die unter reichlichster Kernvermehrung so gewaltig heranwachsenden quergestreiften Muskelzellen, die mächtigen Zellen der Spinnorgane der Raupen mit ihren allseitig verästelten Kernen, die vielkernigen Riesenzellen und die grossen *multinucleaeren* einzelligen *Protozoen* und Algen, auf der anderen Seite der Umstand lehrt, dass Zellen, die ihre Kerne verloren haben, nie wachsen (rothe Blutzellen, gewisse Epidermisschüppchen) oder zu Grunde gehen (der Atrophie des Schwanzes der Froschlarven geht nach *Bruch* ein Schwinden der Kerne voraus). Weitere für die Bedeutung der Kerne sprechende Thatsachen sind folgende. *Schmitz* beobachtete, dass losgelöste Stücke des *Plasma* von *Siphonocladiaceenzellen* nur dann zu neuen selbständigen Zellen sich zu gestalten im Stande sind, wenn sie mindestens einen Kern enthalten, was *G. Klebs* und *Haberlandt* bestätigten. In gleicher Weise fand *M. Nussbaum* bei Versuchen von künstlicher Theilung von Infusorien, dass kernlose Stücke keine Lebensfähigkeit besitzen, kernhaltige dagegen sich regeneriren, Beobachtungen, die *A. Gruber* und *Balbiani* bestätigten. Ferner meldet *Haberlandt*, dass die Lage der Kerne in sich entwickelnden Pflanzenzellen meistens der Art ist, dass derselbe da sich befindet, wo das Dicken- und Flächenwachsthum der Zellmembran am grössten ist (Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1887, Bd. V), Erfahrungen, die *Korschelt* auch für thierische Zellen bestätigte (Biol. Centralbl. 1888). — Auch auf die absondernde Thätigkeit von Zellen möchten die Kerne von Einfluss sein, wie die grossen verästelten Kerne in den Drüsenzellen von Arthropoden lehren. Wird eine genauere Bezeichnung der Einwirkung der Kerne verlangt, so bleibt die Histologie vorläufig die Antwort schuldig, immerhin kann als sehr belangreich hervorgehoben werden, dass die

Kerne in allen wachsenden und Zellenvermehrung darbietenden Geweben einen sehr lebhaften Stoffwechsel besitzen, der seinen Hauptausdruck in der fortwährenden Bildung des für die Kerne so bezeichnenden *Nucleins* findet, welcher Stoff, weil im Zellen-*Protoplasma* nicht vorhanden, in den Kernen selbst erzeugt werden muss. Verfolgt man die hierbei stattfindenden Vorgänge näher, so ergiebt sich, dass die Kerne nicht nur im Laufe der Entwickelung ungemein grosse Mengen von *Nuclein* erzeugen, sondern dass auch dieses *Nuclein*, man denke an dasjenige der Samenfäden und Keimbläschen, ganz besondere, jedem Individuum eigene Merkmale besitzt und dessen *Idioplasma* darstellt. Das *Nuclein* der Kerne kann unter Umständen auch aus denselben schwinden (*Brass, Fraisse, O. Schultze*) und scheint besonders Entziehung der Nahrung ein Austreten desselben aus den Kernen zu bewirken, die alsdann auch eigenthümliche gelappte Formen darbieten. (*O. Schultze.*) — Auch die morphologischen Veränderungen, die bei den Vermehrungen der Kerne oder den Mitosen im Innern derselben vor sich gehen (s. unten), sprechen laut für einen energischen Chemismus dieser Zellenbestandtheile, dessen genauere Verhältnisse und Beziehungen zu demjenigen des *Protoplasma* selbst freilich noch im Dunkeln liegen.

3. Sehr wichtig für den Stoffwechsel der Zellen ist ferner jedenfalls ein Vorgang, den man einfach als Respiration der Zellen bezeichnen kann. Seit man weiss, dass das Muskelgewebe O aufnimmt und CO_2 abgiebt, sowie dass alle Zwischenflüssigkeiten des Körpers diese Gase aufgelöst enthalten, bezweifelt wohl kein Mikroskopiker mehr, dass der Verbrennungsprozess, den man vom Organismus als Ganzes kennt, an allen Elementartheilen desselben abläuft. Dem Physiologen und Chemiker ist diese Anschauung zum Theil noch weniger geläufig und lässt sich daher noch hervorheben, dass einzellige Thiere und Pflanzen auch respiriren, sowie dass bei den Thieren, deren Athmungsorgane baumförmig im Körper sich verästeln (Insekten), diese selbst an zelligen Elementen (Muskel-, Fettkörper-, Drüsenzellen, Zellen der Leuchtorgane von *Lampyris*) sich verzweigen, ja sogar, wie ich vor Jahren schon zeigte, in das Innere von Zellen (bei den Spinnorganen von Raupen und den fibrillären Thoraxmuskelfasern von Insekten) eindringen. Ist dem so, so wird Jeder beistimmen, wenn ich behaupte, dass der in die Zellen eindringende Sauerstoff der Haupterreger des Stoffwechsels derselben sei.

Eine andere Frage ist es, ob in den Zellen besondere Körper als Sauerstoffträger dienen, ähnlich den Blutzellen im Blute der höheren Thiere. *Altmann* schreibt, wie wir oben andeuteten, eine solche Rolle den von ihm sogenannten *Granula* zu, die er deshalb *Bioblasten* nennt, ist jedoch meines Erachtens den Beweis für diese Hypothese annoch schuldig geblieben.

4. Endlich kann noch bemerkt werden, dass der Stoffwechsel der Zellen auch unter dem Nerveneinflusse steht. Dies findet sich einmal bei den Muskelzellen aller Arten, insofern als deren Kontraktionen von chemischen Umsetzungen begleitet sind, und am aller bestimmtesten bei den Zellen der Leuchtorgane von *Lampyris*, in denen unter dem Einflusse des Willens oder bei Reizungen der Nerven der Organe ein so vermehrter Stoffwechsel (Oxydation) eintritt, dass wirkliches Leuchten entsteht.

§ 15.

Stoffabgabe der Zellen. Die Lebenserscheinungen thierischer Zellen beschränken sich nicht bloss darauf, Stoffe aufzunehmen und umzusetzen, sondern es werden auch wiederum Stoffe aus denselben frei, die dann in dieser oder jener Weise eine weitere Verwendung finden, oder einfach aus dem Körper entfernt werden. In vielen Fällen geschieht dies so, dass die Zellen dabei vergehen, wie bei vielen Drüsen, bei denen die reife Ausscheidung (Milch, Sperma, Hauttalg, Galle niederer Thiere, Tinte der Cephalopoden) so zu sagen aus nichts anderem als dem Inhalte der Drüsenzellen besteht. Andere Male bleiben die Zellen unverändert, während sie nach aussen Stoffe abscheiden und dann zeigt sich der Vorgang in doppelter Weise.

1. Geben die Zellen Stoffe, die sie von aussen aufgenommen haben, unverändert wieder ab. Dieses geschieht bei den Epitheliumzellen derjenigen Drüsen, die wie die Nieren, Thränendrüsen, Lungen u. s. w. einfach Stoffe aus dem Blute austreten lassen, ebenso bei den Zellen, die die Oberflächen seröser Häute und der äusseren Haut bekleiden und wahrscheinlich bei noch manchen andern.

2. Scheiden die Zellen Substanzen ab, die sie in sich bereitet haben, so die Zellen der Leber die Gallenbestandtheile, die der Magensaftdrüsen Pepsin und eine Säure, die des Pankreas einen Eiweisskörper und Leucin, die der Schleimhäute und Schleimdrüsen Schleim. Unter diese Abtheilung gehören auch alle Zellenabscheidungen, die in fester Gestalt aussen an den Zellen liegen bleiben.

Das Zustandekommen dieser Abscheidungen, von denen uns übrigens gewiss noch viele unbekannt sind, lässt sich in gewissen Fällen durch den zwischen dem Zelleninhalte und der umgebenden Flüssigkeit stattfindenden doppelten Diffusionsstrom erklären, in Folge dessen, wie wir oben sahen, nicht bloss Stoffe in die Zellen herein, sondern auch aus denselben heraus kommen, in andern kann jedoch hiervon keine Rede sein, und übernehmen der Blutdruck, die Verdunstung und endosmotische Strömungen, bei denen die Zellen eine mehr untergeordnete Bedeutung haben, die Hauptrolle, worüber der § 13 nachzusehen ist.

Die ausgeschiedenen Stoffe zeigen häufig keine Beziehungen zu den Zellen, aus denen sie hervorgehen, und dienen entweder besonderen Zwecken oder werden gänzlich entfernt, wie bei den Drüsen; an andern Orten bleiben sie, feste Gestalt annehmend, aussen an den Zellen liegen (Extracellularsubstanzen und Kutikularbildungen), und bilden entweder grössere hautartige Bekleidungen ganzer Zellengruppen, wie die *Membranae propriae* der Drüsen (z. B. der Harnkanälchen), die eigentliche Scheide der *Chorda dorsalis*, die sogenannten Glashäute (Linsenkapsel, *Demours*'sche Haut), die Cuticula der niedern Thiere, oder den einzelnen Zellen einseitig anhaftende Massen, wie beim Zahnschmelz und an dem Cylinderepithel des Darmes.

Hier ist nun auch der Ort, von den schon im § 4 erwähnten Zwischensubstanzen zu reden, die in den meisten thierischen Organismen eine nicht

unwichtige Rolle spielen und, abgesehen von den Säften, die die Darmhöhle und die Drüsenkanäle befeuchten und erfüllen, nur im Bereiche der Gewebe der Bindesubstanz sich finden, die aus dem mittleren Keimblatte ihren Ursprung nehmen. Solcher Zwischensubstanzen lassen sich vor Allem zwei Arten aufstellen, die, wenn auch weder anatomisch, noch in der Entwickelung scharf geschieden, doch in den Endgestalten sehr abweichen und zwar:

1. Die flüssigen Zwischensubstanzen oder die Zwischenflüssigkeiten, als da sind das Blut und das *Chylusplasma* und die Parenchymsäfte. Die Entstehung dieser Flüssigkeiten kommt bei Allen, wenigstens in gewisser Beziehung, auf Rechnung von zelligen Elementartheilen dieser oder jener Art, doch bilden dieselben als gänzlich formlos keinen Gegenstand der Untersuchung für die Anatomie und sind daher hier nicht weiter zu besprechen.

2. Die festen Zwischensubstanzen oder die Intercellularsubstanzen. Hierher gehören die Zwischenstoffe der einfachen Bindesubstanz und des Bindegewebes aller Arten, dann der Knorpel, Knochen und Zähne, die wenigstens einem guten Theile nach einen besonderen Bau darbieten und deshalb eine nähere Betrachtung verdienen.

Diese Intercellularsubstanzen erscheinen dem Baue nach wesentlich in zwei Formen. Die einen sind gleichartig und ohne Formtheilchen, so diejenigen der einfachen Bindesubstanz (Glaskörper), mancher Knorpel (hyaline Knorpel z. Th.) und des Zahnbeines. Die anderen dagegen enthalten besondere Elemente, wie die leimgebenden Fibrillen im Bindegewebe, gewissen Knorpeln und den Knochen, die elastischen Fasern im Bindegewebe, dem elastischen Gewebe und den Netzknorpeln, die aus Holzfaser bestehenden Fibrillen im Mantel gewisser Tunicaten (*Cynthia*). Nimmt man hinzu, dass auch Körperchen verschiedener Art, vor Allem Fetttröpfchen und Kalkkörner in diesen Intercellularsubstanzen vorkommen können, so wie dass die Menge derselben eine sehr erhebliche ist, so wird ersichtlich, dass dieselben einen nicht unbedeutenden Antheil an der Zusammensetzung des thierischen Organismus nehmen.

Bezüglich auf die Entwickelung der Intercellularsubstanzen, so könnte aus dem Umstande, dass in vielen Knorpeln die Kapseln der früheren Mutterzellen zur Erzeugung einer gleichartigen Zwischenmasse verschmelzen, die Vermuthung abgeleitet werden, dass auch an anderen Orten eine solche unmittelbare Betheiligung der Zellen an der Bildung derselben statt hat. Dies wird jedoch von der Erfahrung nicht bestätigt, vielmehr ergiebt sich, dass an allen anderen Orten die Zellen zu der Intercellularsubstanz nur in entfernterer Beziehung stehen, in welcher, ist schwer mit Bestimmtheit zu sagen. Da alle fraglichen Bildungen, wie ihr Name ausdrückt, zellige Elemente enthalten und die Betheiligung solcher an der Bildung fester, ausserhalb von ihnen gelegener Stoffe durch das häufige Vorkommen von Zellenabscheidungen von bestimmter Gestalt hinreichend feststeht, so möchte die Auffassung, dass die Intercellularsubstanzen wesentlich unter dem Einflusse der Zellen sich bilden, manches für sich haben. Dieser Satz ist jedoch nicht so zu verstehen, als ob die Zellen die zwischen ihnen gelegenen Theile ganz und gar aus sich erzeugten, denn es ist klar, dass dieselben in vielen Fällen in erster Linie von Aussen her (z. B. vom Blute her) bezogen werden, derselbe besagt vielmehr nur so viel, dass die Zellen einerseits einen wesentlichen Einfluss auf die chemische Beschaffenheit der Inter-

cellularsubstanzen besitzen, deren Stoffe ja als solche im Blute sich nicht finden (Schleim, leimgebende Substanz, elastische Substanz, Holzfaser), anderseits aber auch die Form bedingen, in der die Zwischensubstanz auftritt. Der letztere Umstand, der von mir zuerst gewürdigt wurde (5. Aufl. S. 40), möchte namentlich alle Beachtung verdienen. Eine Sehne, ein Knorpel bestehen anfangs nur aus Zellen und bedingt die Anordnung und die Art des Wachsthums dieser die spätere eigenthümliche Gestalt derselben. Nie wächst ein solches Gebilde durch seine Zwischensubstanz weiter, sondern immer sind es die geformten Elemente, die ihm seinen besonderen Gang vorzeichnen und hierdurch ihren wichtigen bestimmenden Einfluss deutlich beurkunden.

Intercellularräume, durch die Ausscheidungen der Zellen zwischen ihnen sich bildend, sind bei Thieren noch nicht mit der nöthigen Bestimmtheit nachgewiesen, doch gehören wohl die meisten Drüsenräume, die Höhlen des Herzens, der Gefässe und der serösen Säcke, sowie die verdauenden Höhlen vieler niederen Thiere hierher, insofern, als dieselben durch Ausscheidung von Flüssigkeit im Innern von ursprünglich zusammenhängenden Zellenmassen zu entstehen scheinen.

Die in bestimmten Formen auftretenden Zellenausscheidungen oder die Extra- und Intercellularsubstanzen im weitesten Sinne waren der früheren Histologie ganz unbekannt, indem dieselbe alles, was zwischen den Elementartheilen sich befand, mit *Schwann* als *Cytoblastem* bezeichnete. Erst im Jahre 1845 wurde durch *Reichert* und *mich* die Forschung auf diese Bildungen gelenkt und dann später die Lehre von den geformten Zellenausscheidungen namentlich durch mich ausgebildet, in welcher Beziehung ich auf meine ausführliche Abhandlung in den Würzb. Verh., Bd. VIII., p. 37, verweise.

In Betreff der Entwickelung der festeren Intercellularsubstanzen machen sich seit langem besonders zwei Ansichten geltend. Nach der einen, die *M. Schultze* zuerst vertrat (*Müll.* Arch. 1861, St. 12), entsteht »„sicher“ der grösste Theil der Intercellularsubstanzen aus umgewandelter Zellsubstanz, d. h. aus *Protoplasma*, nicht als Sekret oder äussere Auflagerung auf die Zelle«; nach der anderen Auffassung dagegen, die ich in diesem Paragraphen zu Grunde gelegt habe, ist ein Theil derselben Zellenausscheidung, ein anderer Theil geht aus den verschmolzenen Wandungen der Zellen selbst hervor. Der ersten Theorie zufolge bildet sich nicht nur die Grundsubstanz der Knorpel, Knochen und Zähne, sondern auch die des gewöhnlichen Bindegewebes aus Zellsubstanz und hat *Waldeyer* diese Anschauung auch auf den Zahnschmelz ausgedehnt, den ich als eine Kutikularbildung bezeichnet hatte, so dass es den Anschein gewinnen könnte, als ob Auflagerungen auf oder zwischen Zellen überhaupt nicht vorkommen. Soweit hat jedoch offenbar *M. Schultze* nicht gehen wollen und wohl mit Recht, doch kann ich ihm auch mit Bezug auf die erstgenannten Gewebe nicht ganz beistimmen, obgleich ich zugebe, dass der ganzen Auffassung etwas Richtiges zu Grunde liegt.

Wie mir scheint, ist die Bildung der Zwischensubstanzen und einseitigen Zellenauflagerungen und auch die der Zellmembranen auf eine Grunderscheinung im Zellenleben zurückzuführen, auf das Vermögen des *Protoplasma* Stoffe abzugeben, welche, einmal ausgetreten, sofort in einem gewissen Grade erhärten. Zur Annahme, dass diese Stoffe *in loco* umgewandelte Zellsubstanz selbst seien, der *M. Schultze* folgt, scheint mir keine Ursache vorhanden, obgleich die Möglichkeit eines solchen Vorganges natürlich nicht zu bezweifeln ist und auch durch gewisse im Innern von Zellen statthabende Erscheinungen (Bildung von Chitinhäuten in einzelligen Drüsen von Insekten) dargethan wird. Auf jeden Fall aber sprechen unzweifelhafte Thatsachen dafür, dass Zellen erhärtende Stoffe abscheiden und erinnere ich nur an die erhärtenden Drüsenausscheidungen (Spinnfäden der Arachniden und Raupen), die auf der Aussenfläche von pflanzlichen Zellmembranen sich bildenden Excrescenzen und membranösen Ablagerungen (*Cuticulae*), ähnliche Bildungen an thierischen Zellen (Zöttchen und Fäden auf der Eimembran von

Fischen), an die vielen sicher nicht direkt aus Zellen sich bildenden Zwischensubstanzen bei höheren und niederen Thieren (Hornfäden der Spongien, Gallerte der Medusen, Hartgebilde der Polypen, Hornfäden der Fische, zellenlose osteoide Substanz der Fische, zellenfreie Stellen in Knorpeln, Gallerte des Schmelzorganes u. a. m). und an die zahlreichen zusammenhängenden Kutikularbildungen der Thiere. — Nehmen wir nun an, dass überall, wo Zellen von festen Bildungen umgeben sind, diese durch eine absondernde Thätigkeit des *Protoplasma* entstehen, so gewinnen wir ein einheitliches Prinzip und lassen sich alle vorkommenden Erscheinungen unter Einen Gesichtspunkt bringen.

Durchgeht man die bei Thieren auftretenden Fälle, so ergiebt sich Folgendes:

1. Ausscheidungen können sowohl von *Protoblasten* als von wirklichen Zellen geliefert werden.

2. Allseitige Ausscheidungen von *Protoblasten*, die als selbstständige Bildungen auftreten, sind Zellmembranen.

3. Einseitige Ausscheidungen von *Protoblasten* oder Zellen erscheinen je nach dem als äussere Anhänge der einzelnen Elemente (Hornzähne der Betrachierlarven, Kiefer gewisser Cephalophoren, Schmelzfasern) oder als zusammenhängende membranöse Bildungen (*Cuticulae* und *Membranae propriae*).

4. Allseitige Ausscheidungen von *Protoblasten* oder Zellen, die in keine nähere Beziehungen zu den einzelnen Elementen treten, sind Intercellularsubstanzen.

5. Ursprünglich selbständige Ausscheidungen von Elementen können für sich allein zu einer Zwischensubstanz verschmelzen und ebenso können solche mit einer echten Intercellularsubstanz zu Einer Grundmasse sich vereinen (Knorpel, Knochen z. Th.).

6. Alle Ausscheidungen von *Protoblasten* sind äussere Auflagerungen, die von Seiten der *Protoblasten* her sich verdicken; die Ausscheidungen von wirklichen Zellen treten nach aussen von der Zellmembran auf und bilden sich nur in den Fällen, in denen die Membran sich verdickt, unmittelbar vom *Protoplasma* aus.

Dieser Darstellung füge ich noch Folgendes bei: Die Entscheidung der Frage, ob eine strukturlose Membran, die einer Zellenlage als Unterlage dient, von diesen Zellen ausgeschieden sei und denselben ihren Ursprung verdanke, oder der die Zellen tragenden bindegewebigen Haut angehöre, ist eine ungemein schwierige, da in der That solche Häute vorkommen, deren oberflächlichste Lagen ganz gleichartig sind, wie z. B. die *Cornea*. So erklärt es sich, dass eine Reihe gleichartiger Häute, wie die *Elastica posterior Corneae*, die Linsenkapsel, die *Elastica interna* der Gefässe, die *Membrana propria* der Harnkanälchen, die Glashaut der Haarbälge u. a. m. von den einen so, von den anderen anders aufgefasst werden. Ich werde an den betreffenden Orten auf diese Frage zurückkommen und möchte hier nur so viel erklären, dass meiner Meinung nach ein Theil der glashellen Häute jedenfalls Zellenausscheidungen sind.

§ 16.

Bildung der *Protoblasten* und Zellen. Allgemeines. Mit Bezug auf die Entstehung der Zellen unterschied man früher mit *Schwann* zwischen der freien Entstehung derselben und ihrer Erzeugung durch Vermittelung anderer Zellen. Bei der ersteren liess man die Zellen unabhängig von andern in einer gestaltungsfähigen Flüssigkeit, *Cytoblastem Schleiden* (von κύτος Bläschen und βλαστήμα, Keimstoff) um freie Kerne entstehen, während bei der anderen schon vorhandene Zellen als Ausgangspunkt der neuen Bildungen angesehen wurden. Nun haben aber mit Bezug auf die freie Zellenbildung schon meine Untersuchungen über die Entwickelung der Cephalopoden aus dem Jahre 1844 den ganz bestimmten Nachweis geliefert, dass bei Embryonen alle Zellen von den Furchungskugeln durch fortgesetzte Theilungen derselben abstammen, worauf gestützt ich dann auch für Erwachsene eine freie Zellenbildung gänzlich leugnete und den Satz aufstellte, dass alle Zellen derselben direkte Abkömmlinge der Furchungskugeln seien und dass auch alle anderen Elementartheile aus solchen sich aufbauen (l. c. S. 129 u. 140).

Es waren jedoch beim Erwachsenen die Thatsachen noch nicht soweit geklärt, dass ein solcher Ausspruch damals sich hätte halten lassen können und so kam ich in den ersten beiden Auflagen dieses Werkes dazu, eine freie Zellenbildung, namentlich für die Eiter- und Exsudatbildung, zuzugestehen, in welcher Beziehung auch die Mehrzahl der anderen Histiologen sich einverstanden erklärte. Nachdem dann im Jahre 1852 auch *Remak*, wie ich auf entwickelungsgeschichtliche Nachweise gestützt, eine freie Zellenbildung gänzlich geleugnet hatte, brachte endlich *Virchow* durch seinen Ausspruch: „*Omnis cellula e cellula*“ die Entscheidung, obschon später gerade seine wirksamsten, der Lehre von der Bildung der Eiterkörperchen aus Bindegewebszellen entnommenen Beweise sich als nicht stichhaltig ergaben. Seit dieser Zeit ist die grosse Mehrzahl der Forscher der Ansicht zugethan, dass eine freie Zellenbildung nicht existirt, doch tauchen immer noch von Zeit zu Zeit Angaben auf, die für eine solche zu sprechen scheinen. Wirkliche Beweise für deren Vorkommen sind jedoch, wie mir scheint, für einmal nicht geliefert und so lange dies nicht der Fall ist, ist es auch nicht nöthig, auf diese Frage weiter einzugehen.

Wir erkennen somit für einmal nur die Zellenbildung durch Vermittelung anderer Zellen als durch Beobachtungen erhärtet an und besprechen nun im Folgenden die bei derselben vorkommenden Modalitäten. Während bei den Pflanzen die Zellen in der grossen Mehrzahl der Fälle so sich vermehren, dass innerhalb der Cellulosenhülle das *Protoplasma* mit dem Kerne in zwei oder mehr Stücke sich theilt, (Mutterzellen, Tochterzellen) was mit dem Namen endogene Zellenbildung oder Zellentheilung bezeichnet wird, ist bei den Thieren, deren Elementartheile einem grossen Theile nach *Protoblasten* oder sehr zartwandige Zellen sind, der Vorgang insofern ein anderer, als die Elemente in der Regel unmittelbar sich spalten, was freie Zellentheilung heisst. Bei beiden Vorgängen sind übrigens die wesentlichen Erscheinungen die nämlichen und können dieselben zusammen behandelt werden. Diese Erscheinungen beruhen darauf, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle Zweitheilungen eintreten, indem erst die Kerne sich theilen und hierauf die *Protoblasten* sich in zwei zerlegen. Andere Male zerfallen die Kerne in erster Linie nach und nach in mehr als zwei, ja selbst in viele Theilstücke und dann können aus oder in einer Zelle viele Tochterzellen entstehen. Endlich giebt es auch Fälle, in denen nur die Kerne sich theilen und die Zelle hiervon unberührt bleibt, was dann zur Bildung der schon früher berührten vielkernigen Zellen führt.

Mögen nun die Vorgänge so oder so ablaufen, so sind immer und ohne Ausnahme die Theile, die zuerst sich verändern, die Kerne, an denen eine Vermehrung beobachtet wird in der Art, dass in der Regel aus Einem Kerne zwei werden. Diese Theilung fasste ich vor Jahren als eine endogene und später *Remak* als eine einfache Theilung durch Einschnürung eines Mutterkernes auf. Nun haben aber eine Reihe von Beobachtungen der letzten 15 Jahre, von *Schneider* (1873), *Bütschli* (1875) und *Fol* (1875) an, gezeigt, dass in sehr vielen Fällen die Kerntheilung in einer ganz verwickelten Weise vor sich geht, so dass wir nun zwei Hauptarten derselben unterscheiden, die als amitotische und mitotische (von μίτος Faden), weniger passend auch als direkte und indirekte bezeichnet werden, welche beiderlei Ausdrücke von *Flemming* stammen.

§ 17.

Theilung der Zellen mit Mitose ihrer Kerne (indirekte Kerntheilung, *Karyokinesis Schleicher*, *Cytodieresis Henneguy*).

Bei dieser Art der Kern- und Zellentheilung erleidet der Kern eigenthümliche Veränderungen, deren einzelne Phasen bei verschiedenen Zellenarten und Geschöpfen mannigfache Abweichungen darbieten, in der Mehrzahl der Fälle jedoch bei den Gewebszellen folgendes Gemeinsame darbieten.

Wenn in einem Gewebe, in welchem nur einzelne Zellen sich theilen, ein solches Element zur Theilung sich anschickt und, wie man sich ausdrückt, aus dem ruhenden Zustande in den thätigen übergeht, so wird in erster Linie der Kern grösser und vermehrt sich seine chromatische Substanz (Fig. 19), während bald der oder die *Nucleolen* schwinden. Die chromatischen Kernbestandtheile, die schon jetzt nicht einen einfachen viel verschlungenen Faden, sondern eine grössere Zahl von solchen, die sogenannten chromatischen Segmente oder Elemente bilden (*Rabl*), und in ihrer Gesammtheit die chromatische Kernfigur darstellen, sind anfangs mehr oberflächlich innen an der Kernmembran gelegen, verlaufen vorwiegend quer und sind an ihrer Oberfläche wie rauh und gezackt und durch feine Fäden netzförmig untereinander verbunden. Nach und nach werden nun die chromatischen Elemente dicker, anscheinend auf Kosten der feinen Verbindungsfäden, die sie einziehen, färben sich auch besser und nehmen nach den Untersuchungen von *Rabl* eine bestimmte Stellung an, indem sie an Einer Stelle des Kernes, dem sogenannten Polfelde (Fig. 20B, p), vorwiegend Umbiegungen, Schleifen, am entgegengesetzten Pole mehr freie Enden zeigen (Fig. 20A), wobei immer noch viele Fäden dicht an der Kernmembran verlaufen, während allerdings andere mitten durch die Kernhöhle hindurch ziehen. Die einzelnen chromatischen Elemente beschreiben in diesem Stadium, das nach *Flemming* dasjenige des dichten Knäuels (*Spirems*) genannt wird, viele unregelmässige Windungen und ist es oft schwer nachzuweisen, dass dieselben vorwiegend quer zur Längsachse der Kerne oder parallel der späteren Theilungsachse verlaufen.



Fig. 19.



Fig. 20A.

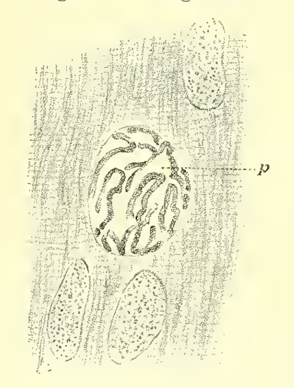


Fig. 20B.

Der dichte Knäuel wird zum lockeren Knäuel dadurch, dass die chromatischen Fäden noch mehr sich verdicken, nach und nach ihre Nebenwindungen verlieren und zu einfachen Schleifen sich gestalten. Zugleich ziehen sich ihre Umbiegungsstellen vom Pol zurück und treten auch an der Gegenpol-

Fig. 19. Epithelzelle der *Cornea* von *Triton* mit einem zur Theilung sich anschickenden Kerne. Leitz. Syst. VII, Oc. I, lang. Tub.

Fig. 20A. Epithelzelle der *Cornea* von *Triton* mit den in Bildung begriffenen Segmenten und dem Gegenpole von *Rabl*. Fig. 20B. Kern einer Muskelfaser einer Siredonlarve in demselben Stadium mit dem Polfelde p von *Rabl*. Vergr. wie bei Fig. 19.

seite solche Umbeugungen auf. Die Zahl der chromatischen Fäden oder Schleifen ist bei *Salamandra* annähernd 24 (*Flemming*, *Rabl*), doch will *Rabl* nicht entscheiden, ob schon im dichten Knäuel so viele Elemente vorhanden waren, oder während der Umbildung dieses Knäuels in den lockeren neue Segmente durch Quertheilung schon vorhandener entstanden.

Im weiteren Verlaufe ordnen sich die chromatischen Elemente immer mehr in zwei Gruppen, von denen die eine dem einen Pole, die andere dem anderen zugewendet ist, und stellen den sogenannten segmentirten Knäuel dar,

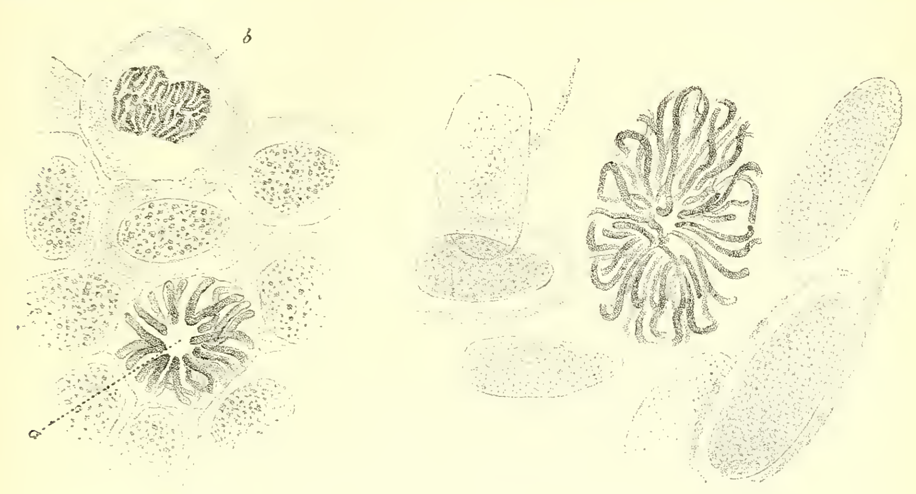


Fig. 21 A. Fig. 22.



Fig. 21 B.

welcher dann bald in die Form des sogenannten Muttersternes (Figur 21 A. Figur 22) übergeht, indem alle Segmente in die spätere Theilungsebene des Kernes einrücken und hier so sich stellen, dass sie mit ihren Umbiegungsstellen gegen die Mitte des Kernes, mit den freien Enden gegen die Oberfläche desselben sich stellen und somit von den Kernpolen aus gesehen einen schönen Stern, *Aster*, darstellen.

Im Stadium des lockeren Knäuels, bald früher, bald später, wird die Kernmembran undeutlich, doch bleibt die gesammte chromatische Kernfigur noch lange durch einen hellen Hof abgegrenzt, der später vorwiegend als ein minder dichter Theil des Zellen-*Protoplasma* sich ergiebt.

Während der lockere Knäuel sich entwickelt, entsteht im Kerne eine neue auffallende Bildung, die achromatische Kernfigur oder die Kernspindel, unpassend auch *Karyaster* geheissen. Dieselbe entwickelt sich in der Nähe des *Rabl*'schen Polfeldes mehr an der Oberfläche des Kernes und besteht anfänglich aus einer kleinen Spindel feiner blasser, kaum sich färbender Fäserchen, deren spitze Enden wie von je Einem kleinen Körperchen, dem sogenannten

Fig. 21. Hornhautepithel von *Triton*. A. *a* Zelle mit einem Mutterstern, *b* eine solche mit Umlagerung der sekundärsn Segmente. B. Eine Zelle mit Mutterstern von der Seite.

Fig. 22. Aus der Oberhaut einer Siredonlarve, Zellengrenzen undeutlich. Ein Mutterstern und mehrere ruhende Kerne. Vergr. wie bei Fig. 19.

Polkörperchen oder Centralkörperchen *E. v. Beneden* (*Centrosoma*, *Boveri*) gebildet werden. Indem diese Kernspindel heranwächst, stellt sich deren Achse immer mehr rechtwinkelig zur Theilungsachse des Kernes und rückt endlich mit ihren zwei Polen bis in die Gegend des früheren Polfeldes und Gegenpolfeldes von *Rabl* heran, während der breite Theil der Spindel nunmehr im Centrum des mittlerweile entstandenen Muttersternes gelegen ist. Ob diese achromatische Kernspindel jemals eine einfache Spindel darstellt, deren Fäden ununterbrochen von Pol zu Pol gehen, wie viele Beobachter die Sache auffassen, oder ob dieselbe von Anfang an aus zwei Halbspindeln besteht, ist noch nicht entschieden, dagegen unterliegt es nach den neuesten Ermittelungen von *v. Beneden* (*Nouvelles recherches*), *Boveri* (Zellenstudien II) und *Rabl* (An. Anzeiger, 1888) keinem Zweifel, dass die Kernspindel später aus zwei getrennten Hälften besteht, von denen jede für sich mit vielen Fäden an die eine Seite jeder chromatischen Schleife sich ansetzt (Fig. 42).

Von den Polen der Kernspindel geht, sobald dieselbe die Oberfläche des Kernes erreicht hat, eine zarte Strahlung in das Zellen-*Protoplasma* aus, welche einer der zuerst beobachteten Theile der mitotischen Kernfiguren war und den Namen Polstrahlung (*Cytaster*) führt (Fig. 24).

Während diese achromatische Kernspindel sich ausbildet, tritt in der Zeit, in welcher der lockere Knäuel in den Mutterstern sich umwandelt, bald früher, bald später, ein neuer wichtiger Vorgang auf, die von *Flemming* entdekte Längstheilung der chromatischen Segmente (Fig. 23), welche in folgender Art vor sich zu gehen scheint: Diese Segmente bestehen von Hause aus, wie *Pfitzner* zuerst angegeben hat, aus einer Reihe von *Chromatin*-Körnern, die durch eine achromatische Zwischensubstanz (*Linin*) zusammengehalten werden. Bei der Theilung der Segmente spaltet sich jedes Korn in zwei neben einander liegende Körner und ebenso die Zwischensubstanz und besitzen somit die sekundären Segmente oder Schleifen denselben Bau wie die primären.

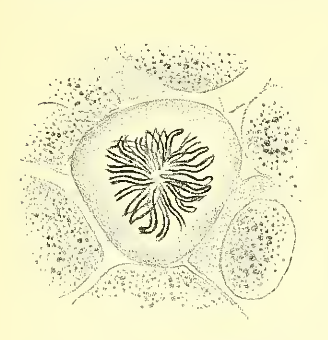


Fig. 23.

Ist der Kern einmal so weit, so leitet sich nun ein sehr wichtiger Vorgang ein, der in Weiterführung der Entdeckung von *Flemming* von der Längstheilung der chromatischen Schleifen das meiste Licht über das Wesen der mitotischen Kerntheilung verbreitet hat. Im Jahre 1884 entdeckten *Heuser* bei Pflanzen, *E. v. Beneden* und etwas später auch *Rabl* bei Thieren, dass die Theilungshälften der chromatischen Schleifen oder die sekundären Schleifen ganz gesetzmässig, die eine in den einen, die andere in den anderen Tochterkern übergehen, so dass mithin bei der Mitose die chromatische Kernsubstanz mit mathematischer Regelmässigkeit immer in zwei gleiche Hälften getheilt wird.

Fig. 23. Hornhautepithel von *Triton*. Spaltung der chromatischen Segmente im Stadium des Muttersterns. Starke Vergr. wie bei Fig. 19.

Diese Vertheilung leitet sich damit ein, dass alle sekundären Segmente von einander sich lösen und nach und nach zwei äquatoriale Platten bilden, von denen jede die Hälfte der 24 primären Segmente enthält, in der Art, dass ein jedes von diesen seine eine Hälfte in die eine Platte, die andere in die andere entsendet, von denen somit jede 24 sekundäre Segmente aufweist. Die hierbei stattfindenden Vorgänge, die *Flemming* als Umlagerung, *Metakinesis*, bezeichnet, gestalten sich je nach Umständen verschieden, doch genügt das von *Rabl* gegebene Schema (Fig. 24), um sich eine Vorstellung von denselben zu

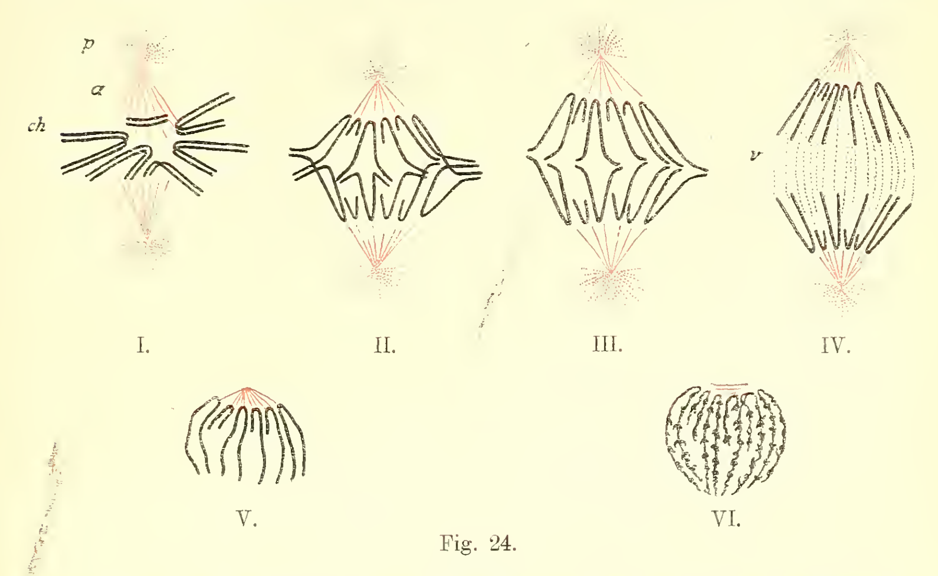


Fig. 24.

machen. Ist die Umlagerung, deren Einzelverhältnisse meist nicht deutlicher als in den Fig. 21 A b und Fig. 25 zu erkennen sind, ganz zu Stande gekommen, so ist die Stellung der sekundären Segmente in den äquatorialen beiden Platten so, dass dieselben ihre Umbeugungsstellen den Polen, ihre Schenkel dem Aequator und zugleich der Oberfläche der früheren Kernmitte zuwenden und sobald diese Anordnung ganz deutlich ist und die beiden Segmentgruppen etwas von einander sich getrennt haben (Fig. 26), spricht man von Tochtersternen, oder der Sternform der Tochterkerne (*Dyaster*, *Flemming*). Sind diese Tochtersterne etwas weiter auseinander gerückt, so gehen von den freien Enden ihrer nach und nach kürzer und dicker werdenden Segmente zarte blasse Fäden aus (Verbindungsfäden, *Filaments réunissants E. v. Beneden*), die gegen die Theilungsebene der Zelle verlaufen und mit denen der anderen Seite zusammentreffen (Fig. 24, IV v), Bildungen, die manche z. Th. oder ganz als äquatoriale Theile der achromatischen Kernspindel betrachten, die aber offenbar Neubildungen

Fig. 24. Kernfiguren aus den mittleren und Endstadien der Mitose nach *Rabl*. Schemata: *ch* chromatische Segmente, *a* achromatische Spindel, *p* Polstrahlung derselben, *v* Verbindungsfäden. Es sind nur ein Theil der chromatischen Segmente dargestellt: I. Spaltung der primären in die sekundären Segmente, II. und III. Umordnung der sekundären Segmente in zwei Gruppen (*Metakinese*), IV. Bildung der Tochtersterne, V. ein Tochterstern weiter entwickelt, VI. ein solcher fast ganz ausgebildet.

sind, die bei der Trennung je zweier zusammengehörender sekundärer Schleifen entstehen und aus den achromatischen Bestandtheilen dieser sich ausspinnen (*E. v. Beneden*, *Boveri*, *Rabl*). Zugleich zeigen solche Kerne an ihrem Pole, da wo die Segmente sich umbiegen, wie eine Delle oder einen Hilus (Figg. 24, 26), der anfänglich noch den einen Pol der achromatischen Spindel enthält und später eine wohl aus diesem entstandene helle dichtere Substanz zeigt. An der Gegenpolseite biegen sich die Enden der Segmente nach innen und begrenzen wie einen Hohlraum. In diesem Stadium wird die achromatische Membran des Tochterkernes am Gegenpole und an den Seiten des Kernes zuerst deutlich und umschliesst dann bald das Ganze (Fig. 27), während die Segmente theils Ver-

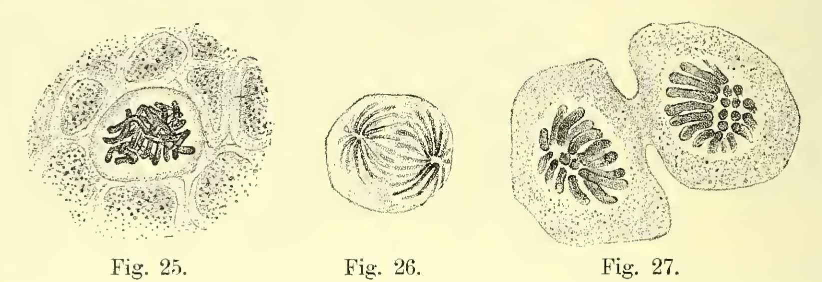


Fig. 25. Fig. 26. Fig. 27.

bindungen durch Ausläufer, vielleicht auch durch Verschmelzen untereinander zu entwickeln scheinen und eine Form der Tochterkerne entsteht, die mit der Knäuelform des Mutterkernes übereinstimmt (*Dispirem*, *Flemming*). In diesem oder schon in dem Stadium der Entstehuug der Tochtersterne leitet sich dann auch die Theilung der Zelle selbst ein (Fig. 27), die durch eine immer tiefer dringende Einschnürung zu Stande kommt, bei der entweder die Tochterzellen mit ebenen Flächen von einander sich lösen oder vor der Trennung noch eine Zeit lang durch eine kürzere oder längere Brücke untereinander in Verbindung bleiben.

Nehmen wir alle auf die Mitose sich beziehenden Thatsachen zusammen, so scheint das Wesentliche bei derselben zu sein: 1. Der Uebergang der achromatischen Kernsubstanz in Bildungen von gesetzmässiger Gestalt und typischer Organisation und 2. die ganz genaue Halbirung dieser Substanz, so dass jeder Tochterkern gleichviel von derselben erhält.

In Betreff der Zeitdauer der Kern- und Zellentheilung weiss man nur so viel, dass dieselbe bei *Triton* $1^1/_2$, beim *Salamandra* 2—5, beim Menschen annähernd $^1/_2$ Stunde ist (*Peremeschko, Flemming*).

An diese Schilderung der typischen Kern- und Zellentheilung der Gewebszellen reihe ich nun die Beschreibung der Mitosen, die an den sich entwickelnden Eizellen ablaufen und wähle als Beispiel ein Wirbelthier, den *Axolotl*, und den berühmten Spulwurm des Pferdes.

Fig. 25. Umlagerung der sekundären Segmente aus der Hornhaut von *Triton*.

Fig. 26. Zelle aus dem Hornhautepithel von *Triton* mit zwei in Bildung begriffenen Tochtersternen.

Fig. 27. Epithelzelle der Hornhaut von *Triton* in Theilung. Die Tochtersterne zeigen eine helle Umgrenzung, welche als erste Andeutung der Membran der neuen Kerne aufgefasst werden kann. St. Vergr.

Beim Spulwurme des Pferdes, *Ascaris megalocephala*, treten bei der Eifurchung von *E. v. Beneden* entdeckte und von ihm und *Boveri* genau verfolgte eigenthümliche Körper auf, die neben den Kernen bei den Theilungen der Furchungskugeln eine bedeutungsvolle Rolle spielen. Dies sind die Attraktionssphaeren von *E. v. Beneden* (*Archoplasma*-Kugeln, *Boveri*), die in jeder Furchungskugel unmittelbar nach deren Entstehung in einfacher Zahl neben dem Kerne liegen (Fig. 28). Im Innern dieser kugelförmigen, aus dem *Protoplasma* der Furchungskugeln hervorgegangenen Körper liegt, umgeben von einem hellen Hofe, ein deutliches Polkörperchen (*Centrosoma*, *Boveri*), von dessen Oberfläche eine deutliche Polstrahlung ausgeht. Während nun der Kern in die ersten Stadien der Mitose eintritt, theilt sich zuerst das Polkörperchen (Fig. 29)

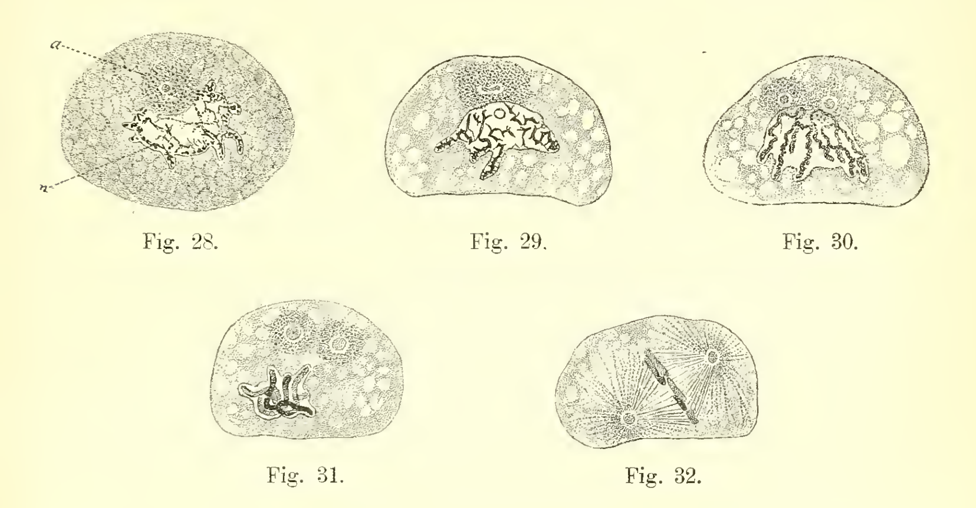


Fig. 28. Fig. 29. Fig. 30.

Fig. 31. Fig. 32.

und dann nach und nach auch die Attraktionssphaere (Fig. 30, 31) und sobald zwei Attraktionssphaeren da sind, schreitet auch die Kerntheilung in gewohnter Weise vorwärts. Ist die Aequatorialplatte oder der Mutterstern gebildet (Fig. 32), der hier nur aus 4 chromatischen Segmenten besteht, so geht von jedem Polkörperchen eine achromatische Halbspindel zu der einen Seite der Segmente, während der übrige Theil der Attraktionssphaere zu einer schönen Polstrahlung sich ausgebildet hat, welche einen bald grösseren bald geringeren Theil der Furchungskugel durchzieht. Nun folgt die Längsspaltung der chromatischen Segmente, die Bildung der Tochtersterne, die Verkürzung der achromatischen Halbspindeln in gewohnter Weise, während zugleich Verbindungsfäden sich ausbilden, endlich die Bildung der Tochterkerne, die durch eine eigenthümlich gelappte Form sich

Fig. 28—32. Blastomeren zweigetheilter Eier von *Ascaris megalocephala*. Homog. Immersion 1/18 von *Zeiss*. Nach *Boveri*. Fig. 28. Kern im Ruhezustande. Attraktionssphaere einfach mit einfachem Polkörperchen. Fig. 29. Kern im Stadium des Knäuels, Polkörperchen getheilt. Fig. 30. Segmente und Kerne und Attraktionssphaere nahezu getheilt. Fig. 31. Sphaeren getheilt, mit beginnender Polstrahlung. Kernmembran in Auflösung begriffen. Fig. 32. Kernfigur gebildet mit Mutterstern, achromatischen Halbspindeln, Polkörperchen und Polstrahlung.

auszeichnen und die Theilung der Furchungskugel. Um diese Zeit ist die achromatische Halbspindel verschwunden und runden sich die Attraktionssphaeren wieder ab, indem ihre Strahlungen sich verkürzen, bis am Ende aus jeder derselben wieder ein granulirter, kugeliger Körper entstanden ist (*Boveri*), der, dem Tochterkerne dicht angelegen, sofort mit seinem Polkörperchen wieder in ein neues Theilungsstadium eintritt, worauf alle Vorgänge wie vorhin geschildert neu ablaufen.

Das merkwürdige an dieser Form der Mitose, das bisher sonst nirgends wahrgenommen wurde, ist die regelmässige Theilung eines im Zelleninhalte entstandenen Körpers jedesmal vor der Kern- und Zellentheilung, was *E. v. Beneden* und *Neyt* zu dem Ausspruche veranlasste, dass die Attraktionssphaeren mit ihren Polkörperchen ein bleibendes Organ der Zellen darstellen, ebenso wie die Kerne.

In Betreff des ersten Auftretens der Attraktionssphaeren melden die belgischen Forscher, dass dieselben ursprünglich und vor der Furchung zu zweien zugleich auftreten, während *Boveri* gefunden zu haben glaubt, dass erst nur Eine Sphaere um den Spermakern herum erscheine, welche dann, nachdem dieser Kern von ihr sich gelöst habe, nach und nach in zwei sich theile, und sind die Abbildungen, die dies beweisen sollen (Studien II, Taf. II, Fig. 26—44), der Art, dass kaum Zweifel an der Richtigkeit dieser Angaben möglich sind.

Die Eifurchung von *Siredon*, die bis jetzt nur von *G. Bellonci* (R. Acc. *dei Lincei* 1886) etwas ausführlicher und kurz von *O. Schultze* (Würzb. Sitzungsber. 1887, Nr. 1) geschildert wurde, bietet im Allgemeinen die von *Bütschli*, *Fol*, *O. Hertwig*, *Selenka*, *Mark*, *Flemming* u. A. beschriebenen Verhältnisse dar, zeigt jedoch etwas, was keiner der bisherigen Beobachter sich furchender Eier wahrgenommen oder wenigtens hervorgehoben hat, nämlich Polstrahlungen, die sich im Wesentlichen ebenso verhalten, wie die Attraktionssphaeren beim Pferdespulwurme. Ohne auf die Bildung der Richtungskörper und die Befruchtung einzugehen, die *O. Schultze* schon z. Th. geschildert hat, beschreibe ich nach eigenen Untersuchungen die Theilung der Furchungskugeln, namentlich aus den ersten Stadien der Entwickelung. Der voll ausgebildete Kern grösserer Furchungskugeln stellt ein 38—68 μ grosses, kugelrundes oder länglichrundes, zartwandiges Bläschen dar, mit zarten *Chromatin*-Fäden, die vor allem an der Wand desselben verlaufen, aber auch das Innere durchziehen und in ihrem genaueren Verhalten schwer zu entziffern sind. Oft glaubt man mit voller Bestimmtheit ein etwas gröberes Netz zu erkennen und sind es wohl solche Kerne, an denen die Kerngerüste schon vor Jahren von mir zuerst gesehen und *Török* gezeigt wurden. Andere Male sieht man nur feine und feinste, einfache und ästige Fäden, deren Länge und genauerer Verlauf nicht zu bestimmen ist. An der einen Seite eines solchen Kernes und zwar an derjenigen, welche dem früheren Kernpole entspricht, befindet sich ein rundes, grösseres Gebilde, ähnlich einer Attraktionssphaere (Fig. 34), welche aus der früheren Einen Polstrahlung entstanden ist und auch jetzt noch häufig, besonders an der Oberfläche, feine radiär verlaufende Strahlen zeigt, andere Male aber mehr nur feinkörnig oder unregelmässig fibrillär erscheint und meist in der Mitte mehr homogen aussieht. Ein gut ausgeprägtes Polkörperchen oder Centralkörperchen fand ich in dieser in Boraxkarmin sich färbenden Attrak-

tionssphaere nicht, was nicht Wunder nehmen kann, da auch bei voll im Gange befindlicher Mitose ein solches Gebilde nur in einzelnen Fällen deutlich erkennbar ist. Die Attraktionssphaere selbst ist an ihrer Peripherie nicht scharf begrenzt und verliert sich entweder in einem hellen, sie und die eine Seite des Kernes umgebenden Hofe, der faserig körnig erscheint oder im umgebenden Zellen-*Protoplasma*.

Weiter tritt neben der einen Attraktionssphaere eine zweite auf, deren Entstehung nicht beobachtet werden konnte (Fig. 36, 37). Wenn man jedoch erfährt, dass, wenn zwei solche Sphaeren da sind, dieselben in den einen Fällen nahe beisammen der einen Seite des Kernes anliegen (Fig. 35), in anderen weiter von einander ab und endlich einander gegenüberstehen (Fig. 36, 37), so wird man die Annahme nicht unberechtigt finden, dass dieselben, wie bei *Ascaris megalocephala*, der Theilung einer anfänglich einfachen Sphaere ihren Ursprung verdanken, von welcher Theilung auch hie und da, wie mir schien, über-

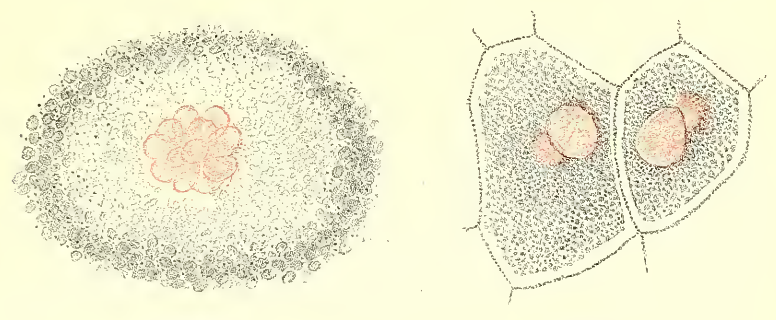


Fig. 33. Fig. 34.

zeugende Anzeichen gesehen wurden. Während diese Theilung vor sich geht, werden im Kerne, der immer noch eine deutliche Membran besitzt, chromatische Segmente deutlich und bilden einen erst dichteren und dann lockeren Knäuel (Fig. 37). Zugleich rücken die zwei Attraktionssphaeren auseinander, entwickeln eine deutliche Polstrahlung und gelangen an die Pole einer achromatischen Spindel, die deutlich wird, sobald die Segmente zum Muttersterne sich ordnen (Fig. 38) und die typische Längsspaltung erleiden. Die nun gebildeten Kernfiguren sind ungemein zierliche und verhalten sich bei grossen Furchungskugeln (Fig. 38—41) wie folgt. Die chromatischen Segmente sind fein, lassen jedoch, wie schon Bellonci sah, bei starken Vergrösserungen die *Pfitzner*'schen Körner hie und da deutlich erkennen. Ihre Zahl schlage ich auf 12 an, indem ich in 3 Fällen von Muttersternen, die von einem Pole aus

Fig. 33. Mitte einer eben durch Theilung einer grösseren Kugel entstandenen Blastomere von *Siredon*. Chromatische Tochtersegmente in eine Gruppe von Bläschen umgebildet. Bei höherer Einstellung kommt eine schöne Polarstrahlung zum Vorschein. Syst. VII. Oc. 1. langer Tubus eines Leitz.

Fig. 34. Zwei aus Einer grösseren Blastomere hervorgegangene Theilstücke mit rekonstruirten bläschenförmigen Kernen von *Siredon*. Neben jedem eine Attraktionssphaere ohne Polarstrahlung. Vergr. wie bei Fig. 33.

sich darstellten, 19, 20 und 23 Enden zählte. Hiermit würden auch die Figg. 5, 6 von *Bellonci* stimmen, der in einem ungetheilten Kerne 12, in einem getheilten genau 24 Schleifen abbildet, wenn man wüsste, ob diese Bilder naturgetreu sind. Von dem 30—45 μ breiten Muttersterne gehen zwei, 30—40 μ lange, sehr deutliche achromatische Halbspindeln aus, die bis in die Mitte der Attraktionssphaeren reichen und dort der Polstrahlung sich anschliessen und wie einen Theil derselben bilden. Der Durchmesser der Attraktionssphaeren beträgt da, wo sie selbständig sind, 35 — 45 μ und ergeben sich ihre eigenen Strahlungen als entschieden feiner als die der Kernspindel, ja gegen die Mitte der Sphaeren zu sieht man oft gar keine Strahlungen — abgesehen vom Spindelpole — und eine homogene leicht gelblich erscheinende Mitte, in der hie und

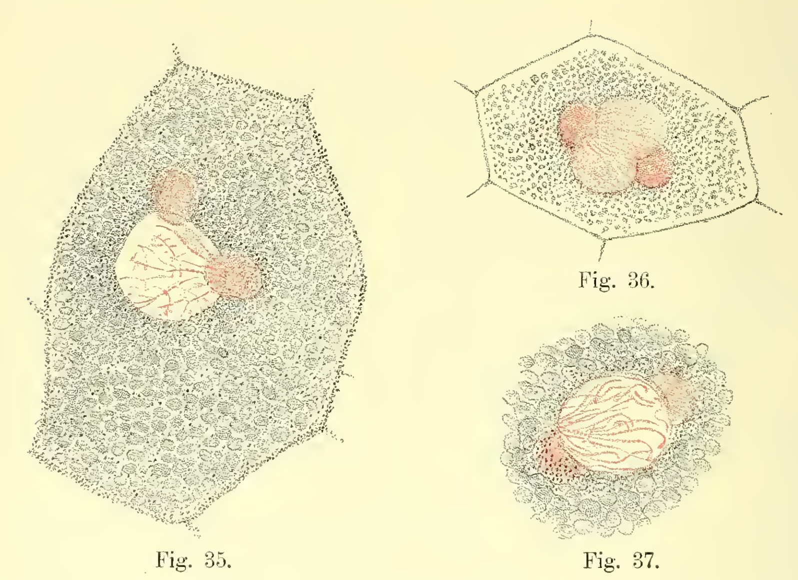


Fig. 36.

Fig. 35. Fig. 37.

da ein kleines Korn als Centralkörperchen deutlich ist. Von einer Kernmembran ist im Stadium des Muttersternes nichts mehr zu sehen, wohl aber ist die gesammte mit der Polstrahlung zusammen 0,13 — 0,17 mm messende Kernfigur von einem hellen Hofe umgeben, der in gewissen Furchungskugeln um so schärfer vortritt, als das Zellen-*Protoplasma* in dessen Umgebung durch Pigmentkörnchen dunkel erscheint (Fig. 38).

Die nächstfolgenden Stadien treten in typischer Weise auf. Die Metakinese vollzieht sich, die sekundären Segmente treten so auseinander, dass Tonnenformen entstehen (Fig. 8 bei *Bellonci*) (Fig. 39) und sobald die beiden Tochtersterne deutlich getrennt sind (Fig. 40, 41), entstehen Verbindungsfäden,

Fig. 35. Blastomere von *Siredon* mit schönem, bläschenförmigem Kerne, der deutliche chromatische Fäden enthält [und an einer Seite zwei Attraktionssphaeren ohne Strahlungen zeigt. Vergr. wie bei Fig. 33.

Fig. 36. Blastomere von *Siredon* mit bläschenförmigem Kerne und zwei einander gegenüber gestellten Attraktionssphaeren. Vergr. wie bei Fig. 38.

Fig. 37. Mitte einer Blastomere von *Siredon*. Kern bläschenförmig im Stadium des lockeren Knäuels mit zwei gegenständigen Attraktionssphaeren. Vergr. wie bei Fig. 33.

die die beiderlei Segmente untereinander vereinen, aber mit den Kernspindelfasern nicht zusammenhängen. Eigenthümlich ist dagegen die Bildung der Tochterkerne, die bereits *Bellonci* gut abgebildet und beschrieben und auch *O. Schultze* richtig gesehen hat. Anfänglich sind in jedem Tochterkerne

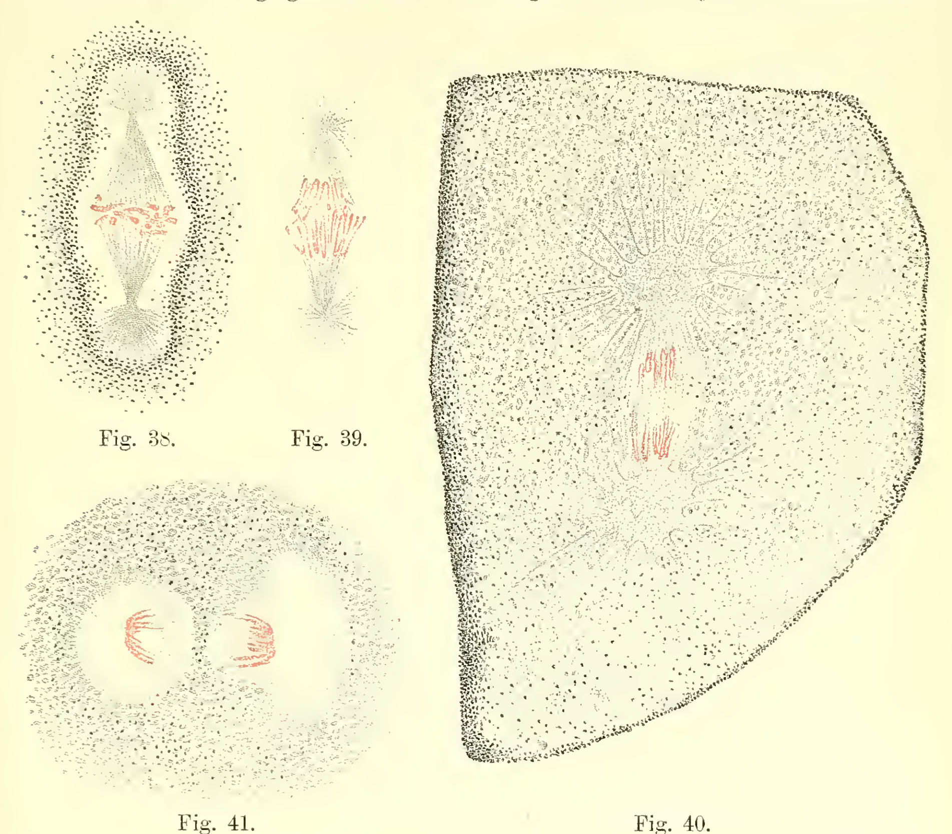


Fig. 38. Fig. 39. Fig. 41. Fig. 40.

alle sekundären Segmente Schleifen, die ihre Umbeugungsstellen typisch dem betreffenden Pole der Kernspindel zuwenden (Fig. 41). Je näher sie aber demselben kommen und je mehr die Kernspindel sich verkürzt, um so mehr wandeln sich die Segmente scheinbar in Ringe, in Wirklichkeit aber in blasenförmige Gebilde um, und diese verschmelzen dann untereinander zu ganz unregelmässig und sonderbar aussehenden gelappten Körpern (Fig. 33), die wie aus grösseren

Fig. 38. Kernfigur aus einer Furchungskugel von *Siredon*. Mutterstern in seitlicher Ansicht roth, achromatische Halbspindeln, Attraktionssphaeren und Polstrahlung. Fixirung in Chromessigsäure, Boraxkarmin. Syst. VII. Oc. 1, kurzer Tubus eines Leitz.

Fig. 39. Kernfigur von *Siredon* im Stadium der Metakinese. Vergr. dieselbe.

Fig. 40. Furchungssegment von *Siredon* mit einer Kernfigur im Stadium der Trennung der Tochtersegmente; Verbindungsfäden sichtbar, achromatische Spindelfasern fast geschwunden, Polstrahlungen und Attraktionssphaeren sehr schön. Vergr. wie bei Fig. 38.

Fig. 41. Mitte einer Blastomere von *Siredon*. Tochterkerne in Bildung. Spindelfasern geschwunden, Polstrahlung undeutlich. Vergr. wie bei Fig. 38.

und kleineren Blasen zusammengesetzt sind, deren Zahl 5, 6—8—12 und mehr beträgt, Verhältnisse, die an die gelappten Kerne von *Ascaris megalocephala* (*E. v. Beneden*, *Boveri*) und noch mehr an Beobachtungen von *Bütschli* an *Nephelis* (Eizelle etc. Taf. I, Fig. 13, 14, 15), *Fol* über *Toxopneustes* (*Hénogénie* Pl. VI, Fig. 15, 16, 17) und anderen erinnern (S. *Henneguy*, *Rauber*, *Janosik*, *Leydig*, *E. Schwarz*). In diesem Zustande verharren die Kerne längere Zeit und rücken zugleich, während derselbe sich ausbildet, so weit auseinander, dass sie endlich um 0,15—0,20 mm und mehr von einander abstehen. In diesem Stadium tritt auch meist die Theilung der Furchungskugeln ein und erst wenn diese zu Stande gekommen ist, fliessen alle Blasen zusammen und rundet sich der Kern ab, indem er zugleich wieder in das Stadium tritt, von dem wir oben ausgingen.

Während die Tochterkerne so sich umgestalten, wird die achromatische Spindel immer kürzer und schwindet endlich ganz. Ziehe ich das Facit aus allen meinen Wahrnehmungen, so möchte ich sagen, dass aus der Substanz der Spindelfasern und der zwischen ihnen befindlichen Flüssigkeit einmal die Hülle der beschriebenen Kernbläschen und diejenige des fertigen Kernes und dann der Saft oder die Flüssigkeit in beiden diesen Theilen hervorgeht. In Betreff der Herkunft der Kernspindel und der Attraktionssphaeren sammt der Polstrahlung ist sicher, dass die letztgenannten Theile aus dem Zellen-*Protoplasma* entstehen. Die Spindelfasern dagegen glaube ich vor Allem von den Kernen ableiten zu müssen und zwar aus folgenden Gründen. Erstens sieht man in den ruhenden Kernen neben den chromatischen auch achromatische Fäden; zweitens liegen die Attraktionssphaeren anfangs ganz dicht an den Kernen (Fig. 21 v. *Bellonci*, meine Fig. 34—37) und sind die ersten deutlichen Halbspindeln ganz entschieden im Bereiche der Kerne gelegen; drittens ist die Masse der Kerne im Stadium des lockeren Knäuels viel grösser als diejenige der Muttersterne (S. Fig. 37, 38); viertens endlich werden die Spindeln zuletzt entschieden wieder von den Tochterkernen einbezogen. In Betreff des Theiles der Spindelfasern, der bis gegen das Centrum der Attraktionssphaeren reicht, bleibt die Herkunft zweifelhaft.

Die Theilung der Furchungskugeln tritt durch eine ringförmige Einschnürung und Bildung einer Art Zellplatte ein, während die Tochterkerne die Maulbeer- oder gelappte Form annehmen. Nachdem was ich sah, spielen hierbei die Verbindungsfäden (*Fibres réunissantes*) keine Rolle und schwinden vor der Bildung der neuen Scheidewände, doch wäre es möglich, dass in dieser Beziehung wechselnde Verhältnisse vorkämen, indem *Bellonci* dieselben in einigen Figuren zur Zeit der Scheidewandbildung noch zeichnet (Fig. 10, 22, 23), in anderen (Fig. 14, 18, 19) nicht. Im ersteren Falle wäre vielleicht auch eine Art Zellplatte im Sinne der Botaniker vorhanden und anzunehmen, dass die genannten Verbindungsfäden nach der Theilung der Furchungskugeln dem Zellen-*Protoplasma* einverleibt werden. Die bei *Siredon* auftretende Scheidewand ist einfach ein an Pigmentmolekülen reicherer Theil des Zellen-*Protoplasma* und keine besondere Doppelmembran.

Alles bis jetzt Bemerkte gilt nur von den grösseren Furchungskugeln der ersten Stadien. An den kleineren Kugeln habe ich bis anhin keine Polstrahlungen und keine maulbeerförmigen Kerne gesehen, doch sind die ersteren wohl unzweifelhaft vorhanden, werden aber durch die Dotter-*Granula* verdeckt.

Deutlich sind dagegen auch an kleineren Kugeln die achromatischen Halbspindeln und die chromatischen Segmente und verdient hervorgehoben zu werden, dass deren Kerne viel reicher an *Chromatin* sind als diejenigen grosser Kugeln.

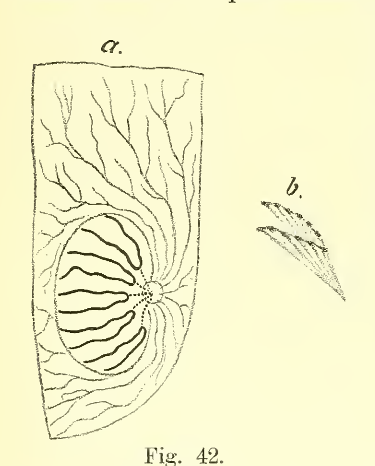
Wie man leicht einsieht, werden durch diese meine Beobachtungen bei *Siredon* die Annahmen von *E. v. Beneden* über die grosse Bedeutung der Attraktionssphaeren oder Polstrahlungen und der Polkörperchen nur verstärkt und wird es sich nun fragen, wie verbreitet solche Einrichtungen sind. Die Eier anderer Geschöpfe anlangend, so liegen bereits einige Andeutungen vor, die zu beweisen scheinen, dass bei denselben auch Theilungen von Polstrahlungen vorkommen. So giebt *Fol* von der Furchung von *Toxopneustes* eine Beschreibung und zwei Bilder (Tafel VI, Figuren 1, 2), die lehren, dass vor dem Erscheinen der ersten zwei Polstrahlungen eine einzige solche vorhanden ist, die den ersten Furchungskern wie eine Scheibe im Aequator rings umgiebt. Und bei *Sagitta* fand *Fol* um die sich konjugirenden Befruchtungskerne eine ebenfalls einfache Strahlung (Taf. X, Fig. 7, 8) und nach dem ersten Furchungsstadium in den zwei ersten Furchungskugeln oder *Blastomeren* um den neugebildeten, mit Membran versehenen Tochterkern eine einfache kreisförmige Polstrahlung (Taf. X, Fig. 14), die sich verlängerte und offenbar durch Theilung in eine doppelte überging (Fig. 15), während zugleich die Kernhülle schwand.

Flemming sagt in seinem grossen Werke (S. 296), dass von thierischen und pflanzlichen Gewebszellen kein sicherer Fall bekannt sei, in welchem zur Zeit des Kerntheilungsanfanges ein einziges Radiärsystem im Zellkörper mit dem ganzen Kern als Centrum gefunden wäre. Bei Eizellen dagegen sei dies angegeben (*Henneguy*), doch finde sich auch hier keine sichere Beobachtung. Und doch hat, wie mir scheint, *Flemming* selbst solche aufzuweisen, indem er bei Seeigeln im 2. Furchungsstadium Kerne beschreibt, die, obschon sie bereits im „Gerüststadium" sich befanden und eine deutliche Membran besassen, doch eine einzige schöne Polstrahlung neben sich hatten (Mikr. Arch. XX, Taf. II, Fig. 34, 35). Dieses Stadium ging nach *Flemming* nach kurzer Ruhe in eines mit doppelter Polstrahlung über, wie, sagt *Fl.* nicht, höchst wahrscheinlich durch Theilung der einen Polstrahlung oder Attraktionssphaere, die in der Fig. 34 bei dem unteren Kerne selbst wie in Zerklüftung begriffen dargestellt ist. Und in Fig. 30 hat *Fl.* in der unteren Polstrahlung möglicherweise ein sich theilendes Polkörperchen gezeichnet. Noch bestimmter sind die neuen Angaben von *Vialleton*, der bei *Sepia* am neugebildeten Furchungskerne das betreffende Polkörperchen sich theilen, an die entgegengesetzten Pole des Kernes gelangen und die Theilstücke zu den Mittelpunkten der neuen Polstrahlungen sich gestalten sah (Annal. d. sc. nat. T. VI 1888, pag. 61, Figg. 30, 14, 15, 20—23). — Allem diesem zufolge möchten doch wohl die bei *Ascaris* entdeckten Verhältnisse als allgemein verbreitet sich ergeben.

So viel von den Eizellen. Was die gewöhnlichen Mitosen der Gewebskerne anlangt, so werfen die neuesten Beobachtungen von *Rabl* (l. s. c.) ein neues Licht auf dieselben und bringen sie den Vorgängen von *Ascaris megalocephala* näher als man bisher ahnte. Bei *Triton* findet *Rabl* in der oben erwähnten Delle der Tochterkerne, aber im Zellkörper ohne Ausnahme eine helle, homogene, das Licht stark brechende Stelle, die die Vermuthung erweckt, dass hier das Polkörperchen oder vielleicht eine Attraktionssphaere sich erhalten habe. Auf diese Beobachtung, die

leicht zu bestätigen ist, gestützt, stellt nun *Rabl* folgende Hypothese auf, die ich der Wichtigkeit der Sache halber z. Th. mit seinen Worten anführe. „*Rabl* denkt sich bereits im ruhenden Kerne die chromatischen Schleifen und Pol und Gegenpol gebildet (wie dies auch *E. v. Beneden* und *Boveri* bei *Ascaris* annehmen), ebenso das Polkörperchen mit Einer Attraktionssphaere und die von demselben zu den Schleifen gehenden zahlreichen achromatischen Spindelfasern. Ferner denkt er sich das Fadengerüst des Zellen-*Protoplasma* gegen das Polkörperchen centrirt (Fig. 42 a). Bei der Theilung erfolgt dann durch irgend einen inneren oder äusseren Reiz eine Kontraktion sämmtlicher geformter Bestandtheile der Zelle und bewirkt diejenige der Fäden des Zelleibes, „dass zunächst das Polkörperchen und die Attraktionssphaere in zwei Hälften sich theilen“. Diese Theilung soll dann wiederum diejenige der Spindelfasern nach sich ziehen, die wahrscheinlich als Längsspaltung verläuft, und diese selbst wird endlich eine Längsspaltung der chromatischen Fäden im Gefolge haben (Fig. 43).

„Je mehr sich die Polkörperchen von einander entfernen, um so mehr werden auch die Spalthälften der Spindelfasern auseinanderweichen (Fig. 42 b). Diese werden aber in Folge ihrer Kontraktion kürzer und dicker werden und einen immer mehr gestreckten Verlauf annehmen.“ So führen dieselben allmählich die chromatischen Segmente aus dem Stadium des Knäuels in das Stadium des Muttersternes (Fig. 43). Macht die Kontraktion noch weitere Fortschritte, so werden auch die Spalthälften der chromatischen Fäden in der



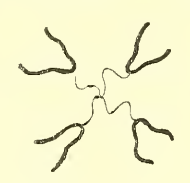
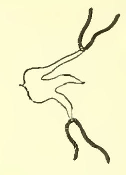


Fig. 42.



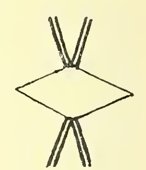


Fig. 43.

bekannten Weise auseinandergezogen und den Polen entgegengeführt, während zugleich auch die chromatischen Elemente durch Kontraktion kürzer und dicker werden.

So aufgefasst, glaubt *Rabl*, werde der scheinbar so verwickelte Vorgang der Zelltheilung dem Verständnisse viel näher gerückt, indem er auf die Kontraktion sämmtlicher geformter Bestandtheile der Zelle zurückgeführt sei und der Bau der ruhenden Zelle im Wesentlichen als derselbe erscheine, wie derjenige der eben getheilten.

Ich begnüge mich einstweilen mit dieser Schilderung der neuen Annahmen des um die Kenntniss der Mitosen so verdienten Forschers, um im § 18 wieder auf dieselbe zu kommen.

Fig. 42. Schema nach *Rabl*. *a*. Eine Zelle mit Kern, Polkörperchen, Attraktionssphaere, Spindelfasern und chromatischen Segmenten. Fadengerüst der Zelle gegen den Hilus des Kernes zulaufend. *b*. Ansatz der achromatischen Spindelfasern an ein chromatisches Tochtersegment.

Fig. 43. Schemata nach *Rabl*, um die Theilung der Polkörperchen, Spindelfasern und chromatischen Schleifen zu versinnlichen.

An die eben gegebene Schilderung der Kern- und Zellentheilung füge ich nun die Besprechung einer Anzahl noch nicht hinreichend erkannter Einzelheiten, sowie abweichender Vorgänge bei andern Geschöpfen und Zellen.

1. Abweichungen begründen erstens die Zahl der chromatischen Segmente der sich theilenden Kerne. Während die Gewebskerne nach *Flemming* und *Rabl* und die Eier von *Ascaris lumbricoides* (*Boveri*) 24 primäre chromatische Elemente zeigen, besitzen die Kerne der Samenzellen nur 12 solche (*Flemming*) und die Blastomeren der *Ascaris megalocephala* Typus *Carnoy* nur vier und die vom Typus *v. Beneden* sogar nur zwei chromatische Elemente. Bei Nematoden finden sich nach *Carnoy* 6, 8, 20 oder 24 solche Elemente, bei *Pygaera bucephala* in den Spermatocyten nach *Platner* 30. Weitere Untersuchungen werden unzweifelhaft noch andere Zahlenverhältnisse aufdecken und kann jetzt schon bemerkt werden, dass nach den Abbildungen von *Schewiakoff* die Kerne von *Euglypha* viel mehr als 24 Segmente enthalten. Bei Pflanzen scheint die Zahl der chromatischen Segmente sich theilender Kerne 8, 12, 16 und 24 zu betragen (s. *Strasburger*, Ueber Kern- und Zellentheilung, 1888).

2. Weiter verdienen Beachtung die Kerntheilungsvorgänge, die bei niederen *Metazoen* und bei *Protozoen* vorkommen. Wie *Bütschli* zuerst nachgewiesen hat (Studien 1876), findet sich bei diesen Geschöpfen kein Stadium, in welchem der sich theilende Kern seine Begrenzung gegen das Zellen-*Protoplasma* einbüsste, wie man bei höheren Geschöpfen ein solches beschreibt, Erfahrungen, welche dann von *Pfitzner* bei *Hydra* und *Opalina ranarum*, von *Gruber*, *R. Hertwig*, *Blochmann*, *Fisch*. *K. Brandt*, *Robin* bei verschiedenen *Protozoen* und vor Allem von *Schewiakoff* bei *Euglypha* bestätigt wurden, bei dem auch die gesammte Litteratur dieser Frage zusammengestellt ist. (Morphol. Jahrbuch Bd. 13, 1887.) In Betreff der bei den Kerntheilungen der *Protozoen* obwaltenden Vorgänge geben die Untersuchungen von *Pfitzner* an *Opalina* und diejenigen von *Schewiakoff* an *Euglypha*, zusammengenommen mit den älteren von *Bütschli*, die genauesten Aufschlüsse und lehren, dass auch bei den einzelligen Thieren typische Kernmitosen vorkommen. In demselben Sinne sprechen auch einzelne Beobachtungen anderer Forscher, während die Erfahrungen von *Fisch*, *Gruber*, *R. Hertwig*, *Fiedler* (bei den Eiern von *Spongilla*) u. A. eine einfache Quertheilung der chromatischen Kernsubstanz zu beweisen scheinen mit verschiedenen Anklängen an direkte Theilung (s. bes. *Gruber* in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 40). Ich glaube jedoch, dass man für einmal mit solchen Deutungen nicht vorsichtig genug sein kann und dass vor Allem die Abbildungen von *Schewiakoff* zeigen (s. bes. die Fig. 14—18), wie leicht Stadien regelrechter Mitosen für scheinbar einfache Quertheilungen der chromatischen Elemente gehalten werden können. Mit dieser Bemerkung bin ich jedoch nicht gemeint zu bestreiten, dass die Kern- und Zellentheilungen bei den *Protozoen* manche Eigenthümlichkeiten aufweisen, die nicht in den Rahmen des bei den höheren Geschöpfen Vorkommenden sich einfügen. Als solche möchte ich vor Allem folgende bezeichnen. Einmal das Vorkommen von zweierlei bei der Theilung wirksamen kernartigen Körpern, den Gross- und Kleinkernen, Makro- und Mikrokaryen mihi, bei vielen ciliaten Infusorien. Zweitens die Verschmelzung doppelter oder vieler *Nuclei* in Einen (Oxytrichinen), oder die Umgestaltung langgestreckter band- oder rosenkranzförmiger *Nuclei* in Einen Körper vor der Theilung (*Vorticellinen*, *Euplotinen*, *Spirostomen*, *Stentoren* u. s. w.). Drittens die Theilung der *Nuclei* und *Nucleoli* vor der Theilung der *Protozoen* selbst in 4 und mehr Stücke (*Holosticha*, *Scutellum*, *A. Gruber*; *Stylonychia mytilus*, *Bütschli*). Viertens das Vorkommen von *Protozoen* mit vielen Kernen, die durch indirekte Theilung sich vermehren (*Opalina*, *Actinosphaerium*), welche Theilungen in keiner unmittelbaren Beziehung zu den Theilungen der Thiere stehen.

In Betreff der Theilungen der *Protozoen* selbst, so sind dieselben zum Theil der gewöhnlichen Zellentheilung an die Seite zu setzen, zum Theil erscheinen dieselben als Mittelstufen zwischen der Sprossenbildung und wahrer Theilung, in welcher Beziehung besonders auf die Untersuchungen von *A. Gruber* und von *Schewiakoff* an *Euglypha* verwiesen wird, mit dem Bemerken, dass ich mit dem letzteren Forscher darin einverstanden bin, dass der Kern bei diesen Theilungsvorgängen doch eine Hauptrolle spielt. Am meisten abweichend von einer gewöhnlichen Theilung und an die einfache Sprossenbildung sich anschliessend sind die von *R. Hertwig* bei *Spirochona gemmipara* beobachteten Vorgänge (Jen. Zeitschr. Bd. XI).

3. Eigenthümliche Vorgänge finden sich bei den Theilungen der Zellen, die bei der Bildung der Samenelemente eine Rolle spielen. *Flemming* hat in neuester Zeit (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 29, 1887) bei den Samenbildungszellen von *Salamandra*, den sogen. Spermatocyten, zwei besondere Kerntheilungsformen unterschieden, die er „heterotypische“ und „homoeotypische“ nennt. Bei beiden tritt die Längsspaltung der chromatischen Fäden bereits in der Knäuelform auf. Ferner zeigt die erste Form ein Stadium (Tonnenform), in welchem die Segmente zum Theil als geschlossene Doppel-Schleifen in den Meridianen der achromatischen Spindel liegen; endlich kommt bei derselben Form eine zweite Längsspaltung der Schleifen der Tochtersterne vor, deren Bedeutung nicht zu ermitteln war.

Viel weiter als *Flemming* geht mit Bezug auf die Annahme von verschiedenen Formen der indirekten Kerntheilung *Carnoy*, der schon früher (*La Cytodiérèse chez les Arthropodes*) und neuerdings wiederum (*La Cellule Tom. II Fasc. 2*) den Satz vertheidigt, dass alle karyokinetischen Erscheinungen variabel seien, keine derselben wesentlich zu sein scheine. Namentlich nimmt *Carnoy* neben den gewöhnlichen karyokinetischen Vorgängen, die er nicht läugnet, für gewisse Zellenformen Kerntheilungen an, bei denen 1. eine Quertheilung von chromatischen Segmenten vorkomme, ohne dass eine Längstheilung derselben vorausgegangen wäre, und 2. eine andere Form, bei der eine Vertheilung der chromatischen Segmente auf die beiden Tochterkerne ohne alle und jede Theilung sich finde. Ausserdem unterscheidet *Carnoy* noch eine Reihe anderer minder wichtiger Varianten.

Die Hauptfrage, um die sich die zwischen den zwei genannten Autoren entstandene Polemik dreht, ist die, ob es, wie *Flemming* annimmt, zum Wesen der Mitose gehöre, dass die chromatischen Segmente des in die Theilung eingehenden Kernes immer und ohne Ausnahme vorher der Länge nach in zwei sich spalten, von denen je eine Hälfte in den einen Tochterkern, die andere in den anderen übergehe, oder ob, wie *Carnoy* gefunden zu haben glaubt, diese Längsspaltung auch fehlen und durch andere Theilungs- und Vertheilungsarten der chromatischen Kernsubstanz ersetzt werden könne. Prüft man die vorliegenden Thatsachen ohne Vorurtheil, so wird man nicht umhin können, sich auf die Seite von *Flemming* zu stellen, und wie dieser Forscher das Wesen der Mitose in der ganz gleichmässigen Vertheilung der chromatischen Kernsubstanz durch Längstheilung der Segmente zu suchen. *Carnoy* selbst hat bei den Arthropoden in zahlreichen Fällen diese Längsspaltung beobachtet (*Cytodiérèse des Arthropodes*, S. 333), und in den im Ganzen spärlichen Fällen, wo er dieselbe nicht wahrgenommen hat, ist er den Beweis schuldig geblieben, dass dieselbe wirklich fehle, oder ist, wie bei der *Ascaris megalocephala*, auf die er sich besonders beruft, das Gegentheil nachgewiesen (*E. v. Beneden*, *Boveri*). In welchem Stadium der Mitose diese Längsspaltung der chromatischen Elemente vor sich geht, ist unwesentlich. — Im Uebrigen ist zuzugeben, dass wir noch weit davon entfernt sind, alle Eigenthümlichkeiten der Mitose zu kennen und dass gewiss noch manche Varianten von grösserer oder geringerer Bedeutung werden aufgefunden werden.

4. Eine wichtige aber noch streitige Frage ist die, ob die Kerne, welche mitotische Theilungen durchmachen, während dieser Vorgänge ihre achromatische Membran bewahren, oder dieselbe früher oder später verlieren und dieselbe neu wieder bilden. Im ersteren Falle ist die ganze Theilung gewissermassen eine *res interna* des Kernes, während im letzteren das Zellen-*Protoplasma* in dieser oder jener Weise direkt an derselben sich betheiligen könnte. Für die Annahme einer Erhaltung der Kernmembran und einer Selbständigkeit der Kerne während der Mitose sprechen in erster Linie die Beobachtungen an *Protozoen* und niederen *Metazoen* (Siehe oben), ferner die Erfahrungen von *Sattler* und *Waldeyer* (Mikr. Arch. 1882), die an mit Höllenstein behandelten Froschhornhäuten nur gut begrenzte Kerne und Kerntheilungsfiguren nach dem *Remak*'schen Schema fanden, während bei anderen Behandlungsweisen Kernfiguren ohne scharfe Kerngrenzen leicht zu beobachten waren, endlich der Nachweis von *Pfitzner* (Morph. Jahrb. II), dass mit Osmium und *Müller*'scher Flüssigkeit behandelte mitotische Kerne eine scharfe Begrenzung der achromatischen Kernsubstanz zeigen. Weiter ist zu bemerken, dass *Carnoy* bei einer Reihe von Arthropoden die Kernmembran noch zu einer Zeit beobachtet hat, in welcher die achromatische Kernspindel vollkommen ausgebildet war. Ich selbst habe an den Kernen der Muskelfasern von *Siredon*-Larven in allen Stadien der mitotischen

Theilung, selbst im Stadium der Tochterkerne, die Mutterkernmembran beobachtet (Fig. 45) und dasselbe fand ich bei den Kernen der in Bildung begriffenen Nervenfasern von Tritonenlarven, bei denen die Kerne in Anschwellungen der marklosen Nerven sitzen (Fig. 44). Obgleich diese Thatsachen gewiss alle Beachtung verdienen, so möchte ich doch aus denselben nicht den Schluss ableiten, dass die Kernmembran bei allen Mitosen sich erhält, denn es ist ja nicht zu leugnen, dass in vielen Fällen nichts von derselben zu sehen ist.

Fig. 44.

Beachtung verdient in dieser Frage auch das Schicksal des äquatorialen Theils der achromatischen Kernspindel, d. h. der sogenannten Verbindungsfäden. Gehen dieselben, die entschieden aus den Kernen und zwar den chromatischen Segmenten abstammen, nicht in die Tochterkerne über, sondern werden sie dem Zell-*Protoplasma* einverleibt, wie *Flemming* (Mikr. Arch. Bd. 29, S. 389), *Strasburger* und *E. Zacharias* (Bot. Zeit. 1888, Nr. 28, 29) annehmen, so könnte nicht davon die Rede sein, dass die Kerne bei der Mitose ihre Selbständigkeit voll bewahren. Dies wäre dagegen möglich, wenn die Annahmen von *Berthold* (Stud. ü. *Protoplasma*-Mechanik, 1886, S. 202) richtig wären, dass die genannten Verbindungsfäden in dem Maasse schwinden, als die Tochterkerne von einander sich entfernen und in keiner näheren Beziehung zu den Zellfäden oder Verbindungsfäden von *Strasburger* stehen, die erst viel später entstehen (S. unten).

Auch ich glaube beim *Siredon*-Eie (S. oben) ein Schwinden der Verbindungsfäden wahrgenommen zu haben und betone ausserdem noch das besonders von *Rabl* hervorgehobene Verhalten vieler in Mitose begriffenen Kerne, die auch, nachdem ihre Membran undeutlich geworden ist, von einem hellen Hofe umgeben und durch denselben von dem dichteren oberflächlichen Zellen-*Protoplasma* getrennt sind. Im Ganzen glaube ich aus allen bekannten Thatsachen mit *Waldeyer* (l. c. S. 34 u. flgde.) den Schluss ableiten zu dürfen, dass während der Mitose auch der Kernsaft, d. h. die gleichartige achromatische Kernsubstanz, in höherem Grade ihre Selbständigkeit bewahrt, als viele anzunehmen geneigt sind.



Fig. 45.

5. Ein scheinbar sehr wandelbares, in verschiedener Weise auftretendes Gebilde ist die **achromatische Kerntheilungsfigur**, indem dieselbe bei den Gewebszellen nur schwer zur Anschauung zu bringen ist, in den sich furchenden Eiern vieler Thiere (und auch bei den Samenzellen) dagegen mit ungemeiner Deutlichkeit hervortritt und der zuerst beobachtete und lange Zeit am besten bekannte Theil der sich theilenden Eier war. Die hier stattfindenden Vorgänge habe ich oben von *Ascaris megalocephala*

Fig. 44. Kern im Stadium des Muttersternes mit einer Membran von einer sich entwickelnden Nervenfaser des Schwanzes einer Larve von *Triton*.

Fig. 45. Muskelfasern von *Siredon*-Larven, A Kern mit Membran im Stadium des Muttersternes. B Ebensolcher mit Hülle im Stadium der Bildung der Tochterkerne.

und *Siredon* geschildert. Bei den Gewebszellen ist die achromatische Figur noch lange nicht hinreichend erkannt, immerhin verdanken wir *Flemming, E. v. Beneden* und vor Allem *Rabl* weit in's Einzelne gehende Darstellungen. In seinen neuesten Mittheilungen betrachtet *Rabl,* wie oben schon erwähnt wurde und wie schon seine früheren Mittheilungen und Schemata dies zum Theil lehrten, die achromatische Figur als eine Doppelbildung, von denen jede aus einem Polkörperchen und zweierlei von demselben ausstrahlenden Fasersystemen besteht. Das eine derselben, die Spindelfasern, gehen zu den chromatischen Segmenten, jedoch nicht so, dass jedes Segment nur Eine Spindelfaser erhielte, wie *Rabl* und Andere, auch *Strasburger* (1888, S. 109, 148) früher annahmen (s. Fig. 24), sondern in der Weise, dass an jede chromatische Schleife in der ganzen Länge derselben mindestens 16—20 Spindelfasern sich ansetzen (wie denn auch bereits *v. Beneden* bei *Ascaris* an jeder Schleife viele solche achromatische Fasern beobachtet hat, ebenso *Boveri* [s. bes. Zellenstudien Heft II]), und zwar verbinden sich diese Fasern nach *Rabl* je mit einem *Pfitzner*'schen Korne der Segmente. Die Zahl der achromatischen Spindelfasern wäre somit eine ungemein grosse, ca. 400 für den halben, 800 für den ganzen Kern, doch kann, wie *Rabl* besonders betont, von einer genauen Zählung keine Rede sein. — Bei dieser Auffassung würden, wie oben schon angegeben wurde, die Verbindungsfasern keine Theile der achromatischen Spindel sein, sondern, wie *Boveri* zuerst speziell hervorhob, aus den chromatischen Segmenten bei ihrer Spaltung in Tochtersegmente sich hervorbilden.

Das andere von dem Polkörperchen ausstrahlende Fasersystem bildet die sogen. Polstrahlung, welche in die den Kern umgebende Zellsubstanz ausläuft.

Die Herkunft der achromatischen Spindel anlangend, so geht aus den Beobachtungen an *Protozoen,* und denen von *E. v. Beneden* bei *Dicyema,* wo die Spindel stets im Innern der Kerne liegt, und aus den Erfahrungen von *Carnoy* an Arthropoden, der in gewissen Fällen dasselbe sah und selbst solche Kerne isolirte (l. c. Fig. 21, 60, 78, 83, 114, 135, 213a, 304), ferner aus den Beobachtungen von *Boveri* (Zellenstudien Heft I) über die Bildung der Polkörperchen von *Ascaris megalocephala* unzweifelhaft hervor, dass in vielen Fällen die Kernspindel aus Bestandtheilen des Kernes entsteht. Unter gewissen Verhältnissen scheint aber auch das Zellen-*Protoplasma* an der Bildung derselben sich zu betheiligen, wie namentlich bei den grossen achromatischen Spindelfiguren von Eiern und bei Pflanzen, wie denn auch *Strasburger* die Kernspindel wesentlich vom Zelleninhalte ableitet, während *Flemming* einer mittleren Auffassung zugethan ist. Ich selbst finde übrigens, wie *E. Zacharias* (Bot. Zeit. 1888. No. 28, 29), auch die neuesten Beobachtungen von *Strasburger* nicht beweisend, um so mehr als *Z.* schon früher nachgewiesen hat, dass die Spindelfasern in Magensaft sich lösen, und somit nicht aus dem im *Protoplasma* vorkommenden *Plastin* bestehen. Die Polstrahlungen fehlen nach meinen Erfahrungen allem Anscheine nach bei den Theilungen der Kerne der Muskelfasern von *Siredon* (Fig. 45) und sind wahrscheinlich auch bei denen der Blutgefässwände und Zellen der Schwann'schen Nervenscheide nicht vorhanden (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 23, Fig. 4, 22). Wo dieselben vorkommen, zeigen sie sich bald in der Nähe des Kernes, bald in einiger Entfernung von demselben. Bei guter Entwickelung umkreisen sie wie ein Springbrunnen den ganzen Kern, während sie in anderen Fällen nur ein schwaches Strahlenbüschel am Pole selbst darstellen. Die von *E. v. Beneden* bei den *Dicyemiden* zuerst gesehenen Polkörperchen sind hinsichtlich ihrer Beschaffenheit noch nicht hinreichend erkannt. Meist homogen, gleichen sie einem Flüssigkeitstropfen oder einem Korn und scheinen, wo sie vorkommen, nicht unwichtige Gebilde zu sein (s. unten). Sehr störend ist jedoch vorläufig der Umstand, dass dieselben in vielen Fällen nicht zur Beobachtung kamen. So kennt man dieselben bis anhin von Pflanzen nicht (*Strasburger*, Kern- und Zelltheilung. 1888, S. 97), bei denen jedoch auch Polstrahlungen nur selten gesehen werden (l. c. S. 101). Was die Entstehung der Polkörperchen anlangt, so spricht sich *E. v. Beneden,* ebenso *Carnoy,* für eine Bildung derselben im Zellen-*Protoplasma* aus, während andere dieselben von den Kernen ableiten. Sicher ist, dass bei *Actinosphaerium* nach *R. Hertwig* und bei *Euglypha* nach *Schewiakoff* den Polkörperchen gleiche Bildungen den Kernen selbst angehören.

6. Aequatoriale Platte sich theilender Zellen. Pflanzenzellen theilen sich in der Regel nicht durch Einschnürung, sondern durch eine Spaltung oder Scheide-

wandbildung quer durch die ganze Mutterzelle, bei welcher eigenthümliche, in der Trennungslinie befindliche Verbindungsfasern eine Rolle spielen, welche *Strasburger* zum Theil von dem äquatorialen Theile der Kern-Spindelfasern ableitet (1888, S. 216). Aehnliches haben zuerst *Strasburger* und dann verschiedene andere Forscher, vor Allem *Carnoy*, auch bei thierischen Zellen gesehen, bei denen jedoch das häufige Fehlen einer Membran oder das Vorkommen nur zarter Umhüllungen die Vorgänge etwas anders erscheinen lässt, als bei den Pflanzen. Das gewöhnlichste bei Thieren ist das Auftreten einer dunklen Linie im Aequator der Mutterzelle zur Zeit, wo die Tochtersterne bereits auseinander getreten und in der Umbildung in Kerne begriffen sind, einer Linie, die wie aus Verdickungen der Kernspindelfasern, besser der Verbindungsfasern der Tochtersterne zu bestehen scheint. Bei der Theilung der Zelle kann die ringförmige Trennungsfurche bis zu dieser Kernplatte (*ich*) reichen und diese dann einfach auseinander brechen und vergehen, oder es betheiligt sich die Platte, indem ihre Anschwellungen wie in zwei sich trennen, an der Bildung der Membran der Tochterzellen. In solchen Fällen kann die Kernplatte durch eine Zellenplatte, d. h. durch eine ähnliche, im umgebenden Zellen-*Protoplasma* entstehende und an die Kernplatte sich anschliessende äquatoriale Platte ergänzt werden, doch ist es selten, dass dieselbe bis zur Zellenmembran reicht (*Carnoy*). Da beide diese Platten in vielen Fällen fehlen, so kommt denselben bei den Thieren offenbar keine wesentliche Bedeutung zu.

7. *Nucleoli*. Die Kernkörperchen vergehen während der Mitose und bilden sich in den Tochterkernen neu. Da beide Vorgänge noch nicht hinreichend verfolgt sind, so verweise ich für Näheres auf *Flemming*, *Strasburger*, *Carnoy* und vor Allem auf die Arbeiten von *E. Zacharias* (s. bes. Bot. Zeit. 1885, No. 17—19).

8. Mitotische Kerntheilungen ohne Zellenbildung oder mit nachträglicher Entstehung solcher.

In gewissen Fällen theilen sich die Kerne durch Mitose, ohne dass die Zelle sich theilt, und entstehen so vielkernige Zellen. Die auffallendsten Beispiele der Art bieten die Cysten im Samen vieler Thiere (s. besonders die Arbeiten von *La Valette*, *Flemming* und von *Carnoy* und seinen Schülern) und die Embryosäcke der Pflanzen dar, ferner die vielkernigen Protisten (*Actinosphaerium*, *Opalina*) und einzelligen Pflanzen. Hierher gehören auch die quergestreiften Muskelzellen, bei denen die Kernmitose schon oben vom Axolotl beschrieben wurde. In dieselbe Kategorie mögen noch manche andere mehr- und vielkernige Zellen gehören, wie die Knorpelzellen von Petromyzon, die Leberzellen u. a. m., doch lassen sich nicht ohne Weiteres Zellen der Art hierher zählen, da man von manchen derselben sicher weiss, dass ihre mehrfachen Kerne einer einfachen Kerntheilung oder einer Sprossenbildung (Fragmentation) ihren Ursprung verdanken.

Die Kerne im Embryosacke der Pflanzen sind dadurch ausgezeichnet, dass dieselben nachträglich mit *Protoplasma* sich umhüllen und so Tochterzellen bilden, von denen einzelne auch mehrere Kerne enthalten. Hierbei entstehen Zellplatten, ähnlich wie sie vorhin unter No. 6 von der gewöhnlichen Theilung der Pflanzenzellen erwähnt wurden (*Strasburger*).

9. Zum Schlusse erwähne ich noch eine Anzahl abweichender Formen von Mitosen, die zum Theil als Varietaeten, zum Theil vielleicht auch als pathologische Bildungen zu betrachten sind.

In erster Linie nenne ich die sogenannten mehrpoligen (*pluripolaren*) Mitosen, welche von *Strasburger* und *Soltwedel* zuerst bei Pflanzen, von *Eberth*, *Rabl*, *Mayzel*, *Waldstein*, *Arnold*, *Martin*, *Schottländer* und Anderen bei Thieren wahrgenommen wurden (Litteratur bei *Schottländer* Arch. f. mikr. Anat. 31, S. 426). In diesen Fällen erzeugen grössere Kerne mehr Segmente, als dem Typus entsprechen, und spalten sich dann auch in 3, 4, 6 und vielleicht noch mehr Tochtersterne, die regelmässig zu einander gestellt und durch achromatische Fäden unter einander verbunden sind. Nach *Schottländer* ist die Zahl solcher Theilungen im Endothel der entzündeten Hornhaut des Frosches eine geringe und rechnet er auf 4000 typische Mitosen etwa 25 mehrpolige oder 6‰. Ueberhaupt sind diese Formen vorwiegend in krankhaften Geweben gesehen worden und sind von normalen Geweben nur ein Fall von *Rabl* (drei Tochtersterne in einem Hämatoblasten der Proteusmilz), und einer von

Mayzel (eine Bindegewebszelle einer Axolotllarve theilte sich unter den Augen des Beobachters in 4 Tochterzellen) bekannt. Was *Denys* und *Demarbaix* (*La Cellule* II et V) an den Riesenzellen des Knochenmarks von Kaninchen und Hunden als pluripolare Kerntheilung beschreiben, macht, verglichen mit den anderen Fällen (man vergleiche besonders die Figuren von *Schottländer*), den Eindruck abnormer Bildungen, indem die achromatische Figur fehlt und die Figuren der chromatischen Segmente ganz abweichende sind, doch möchte ich, bevor weitere Untersuchungen vorliegen, mich der Abgabe eines ganz bestimmten Urtheils enthalten.

Kleinere abnorme Abweichungen von der typischen Mitose haben *Peremeschko*, *Rabl*, *Flemming*, *Carnoy* u. A. beobachtet (s. *Schottländer* S. 429), doch rechne ich *Flemming's* homöotypische und heterotypische Form nicht hierher, sondern zu den Varietäten.

Weit verschieden von der ächten Mitose ist die sogenannte indirekte Fragmentirung des Kerns von *Arnold*, bei welcher zwar eine Zunahme der chromatischen Substanz der Kerne und auch Bewegungen oder Umlagerungen derselben sich finden sollen, eine regelrechte Segmentirung und eine achromatische Spindel jedoch ausnahmslos fehlt. Für Weiteres verweise ich auf die zahlreichen schönen Arbeiten dieses Forschers, vor Allem auf die Bde. 30 u. 31 des Arch. f. mikr. Anat., bemerke jedoch zugleich, dass in *Denys* und namentlich in *Demarbaix* Gegner der *Arnold*'schen Auffassung entstanden sind, welche die ganze Lehre der indirekten Fragmentirung in Zweifel stellen. Namentlich verdienen die Beobachtungen des letztgenannten Forschers alle Beachtung, der an der Hand von Beobachtungen nachweist, dass die chromatinreichen Kernformen der Riesenzellen, die *Arnold* bei der Fragmentirung eine Rolle spielen lässt, eine Leichenerscheinung sind und in frischen Geweben fehlen.

§ 18.

Einfache Kern- und Zellentheilung (direkte oder amitotische Theilung). Neben der mitotischen Kern- und Zellentheilung finden sich in gewissen Fällen auch andere Theilungsformen, bei denen die Kerne ohne jene oben geschilderten, verwickelten Verhältnisse sich zerlegen und unter Umständen auch die Zellen sich theilen. Seit jedoch in allen Geweben und bei so vielen Geschöpfen Mitosen als regelrechte Vermehrungsform nachgewiesen wurden, ist man berechtigt, an allen Angaben über andere Theilungsarten die strengste Kritik zu üben.

Unter den vorliegenden Beobachtungen dieser Art verdienen unstreitig die von *Klein*, *Ranvier* und *J. Arnold* die meiste Beachtung. *Klein* sah (Med. Centralbl. 1870, S. 17) im Blute von *Tritonen* und Fröschen bei Untersuchung desselben in der feuchten Kammer bei 25—30° C., mehrfache Arten der Theilung der farblosen Zellen. Entweder schnürt sich eine Zelle achterförmig ein, das verbindende Stück wird lang und dünn und reisst endlich ein. Wie der Kern hierbei sich verhält, wird nicht gesagt, doch enthielt in einzelnen Fällen jedes Theilstück einen Kern. Oder es bekommt eine Zelle zwei Kerne und schnürt sich ein Theil derselben mit dem einen Kerne wie eine Knospe ab. Aehnliches nahm *Ranvier* an einer farblosen Blutzelle des *Axolotl* wahr, die er in der feuchten Kammer bei 16—18° C. während 3 Stunden und 25 Minuten beobachtete (Arch. de Phys. 1875, pag. 13, Pl. I). Die Zelle, die schon am Anfange der Beobachtung amöboid sich bewegte und einen ganz unförmlichen Kern besass, zeigte erst eine Kernzerschnürung und dann auch eine Trennung der Zelle in zwei Stücke und machte der ganze Vorgang auf *Ranvier* den Eindruck, als ob bei demselben der Kern ganz passiv sich verhielt und einfach von dem sich bewegenden *Protoplasma* zerschnürt wurde. Ganz gleicher Art

sind die Beobachtungen von *J. Arnold* an Lymphzellen des Frosches in Hollundermarkplättchen, die in die Lymphsäcke der Thiere eingebracht worden waren (Arch. f. Mikr. Anat., Bd. 30, Taf. XII, XIII).

Die weitere Frage nun, ob aus diesen Erfahrungen auf das normale Vorkommen einer direkten Kern- und Zellentheilung geschlossen werden darf, lässt sich, wie mir scheint, nicht ohne Weiteres bejahen, denn selbst in dem Versuche von *Ranvier*, noch mehr aber in denen von *Klein* und *Arnold* waren die Lymphzellen nicht in natürlichen Verhältnissen und lässt sich doch nicht mit Sicherheit behaupten, dass Vorgänge, die ausserhalb des kreisenden Blutes statt haben, nothwendig auch im Organismus sich finden. Hierzu kommt, dass Zellen, wie die eine, die *Ranvier* beobachtete, bei *Siredon* im kreisenden Blute gar nicht vorkommen und dass auch der Frosch niemals innerhalb der Blutgefässe Elemente zeigt, wie diejenigen, an denen *Arnold* seine Beobachtungen anstellte.

Ausser diesen Fällen liegen noch eine Reihe anderer Angaben über amitotische Theilungen vor, von denen die meisten auf die Riesenzellen der Knochen, die *Myeloplaxen* von *Robin* oder meine *Ostoklasten* sich beziehen, deren Kerne allem Anscheine nach in gewissen Fällen durch Sprossenbildung oder Abschnürungen aus einfachen Kernen hervorgehen und dann unter Umständen auch Theile des Zellen-*Protoplasma* sich aneignen und so zur Bildung von Tochterzellen durch Abschnürung oder im Innern der Mutterzelle Veranlassung geben. An dem Vorkommen von solchen Abschnürungen ist wohl kaum zu zweifeln und beschreibt auch *Arnold* solche an Lymphzellen (Taf. XIV, Fig. 12, 13), was dagegen die endogenen Bildungen, das Vorkommen von kleinen, runden Tochterzellen oft in sehr grosser Zahl (bis zu 100 nach *Denys*) in den Riesenzellen des Knochenmarkes betrifft (S. *Denys*, Fig. 14—23 und *Demarbaix*, Fig. 31, 32, 34, 38, 39), so lässt dasselbe, wie *Löwit* und *Demarbaix* mit Recht bemerken, auch eine andere Deutung zu, nämlich die, dass in diesen Fällen die Riesenzellen als Phagocyten andere Zellen des Knochenmarkes in sich aufgenommen haben, eine Annahme, für die auch der Umstand spricht, dass solche Zellen meist noch ihren typischen Kern haben.

Amitotische Zerschnürungen der Kerne sind ausser bei den Riesenzellen noch wahrgenommen worden bei den Wanderzellen, bei einem Theile der farblosen Zellen der Lymphe und des Blutes, bei den mehrkernigen Zellen der Milz und des Blutes (*ich*), bei den Epithelzellen der *Vaginalis propria* (*ich*).

Ferner hat man in älteren und neueren Zeiten amitotische Zellentheilungen erschlossen aus dem Vorkommen von grösseren Zellen mit zwei Kernen, die mit ebenen Flächen sich berühren, in Geweben, die keine Mitosen zeigen, und aus dem Vorkommen von kleineren Zellen in der Nachbarschaft der grösseren. Andere Male sah man Haufen kleiner einkerniger Zellen in Gegenden, wo auch grosse vielkernige solche Elemente vorkommen (Siehe *Kölliker*, Keimblätter des Kaninchens, S. 21, Taf. III, Fig. 22, 23). Ausserdem glauben, abgesehen von einigen älteren Beobachtern, die bei *Flemming* citirt sind (S. 247) in neuester Zeit direkte Zellentheilungen gesehen zu haben, *Carnoy* (somatische Zellen ausgebildeter Arthropoden), *Nissen* (Zellen der Milchdrüse), *Frenzel* (Darm von Krustern und Insekten), *Veidowsky* (sog. Zellengewebe des Coeloms der Gordiiden), *Spichardt* (sich entwickelnde Geschlechtsorgane der *Lepidopteren*),

Sedgwick (Endoderm von *Peripatus*), Claus (somatische Zellen von *Branchipus* und *Artemia*) u. a. m. Siehe auch Waldeyer l. c. S. 39. Einfache Kerntheilungen beschreiben v. Leydig von *Ancylus* (Zelle und Gewebe, S. 29) und Gruber und Möbius bei der Infusoriengattung *Euplotes* (*Gruber* in Zeitschr. f. w. Zool., Bd. 40; *Möbius*, Infusorienfauna der Kieler Bucht, 1888).

Auch die Botanik kennt Fälle von amitotischen Kerntheilungen bei der vielkernigen einzelligen Gattung *Valonia* und den vielkernigen Zellen von *Chara* (*Schmitz*, *Johow*).

Ueberblickt man alle vorliegenden Thatsachen, erwägt man, dass Mitosen nicht nur in allen Geweben höherer und niederer Metazoen, dann bei der ersten Entwickelung derselben aus dem Eie, endlich bei sehr vielen Protisten als einzige Vermehrungsform nachgewiesen sind, so kann man sich des Gedankens nicht erwehren, dass nur diese Theilungsform der Kerne und Zellen als die regelrechte und wesentliche anzusehen ist. Unterstützt wird diese Auffassung dadurch, dass die Mehrzahl der amitotischen Theilungsformen an Zellen ablaufen, die nur eine geringe physiologische Dignität besitzen, mit anderen Worten weder mit der Formbildung, noch mit der Fortpflanzung in Beziehung stehen. Als solche sind unzweifelhaft viele lymphoiden Zellen der follikulären Organe, der Milz, Tonsillen u. s. w., zu bezeichnen, vor Allem diejenigen, die nicht in rothe Blutzellen sich umbilden, ferner die Zellen des Knochenmarkes aller Art, die Fettzellen der Arthropoden, die Elemente von Drüsensekreten, die mit der Generation nichts zu thun haben, die Zellen fertiger Organe, in denen keine besonderen Gestaltungsvorgänge mehr ablaufen u. a. m. Das Wesen der Mitose liegt offenbar in der genauen Halbirung der chromatischen Kernsegmente und der Vertheilung derselben auf beide Tochterkerne, durch welche einander ganz entsprechende kleinste Theilchen (Micellen, *Nägeli*) der so wichtigen *Nuclein*-Substanz oder des *Karyoidioplasma* von der ersten Theilung der Eizelle an auf alle späteren somatischen und generativen Zellen übertragen werden und so der Typus der Individualität in allen Theilen des Körpers zur Geltung gebracht wird. Von diesem Standpunkte aus wären Zwischenstufen zwischen echten Mitosen und einfachen Kernzerschnürungen, an welche ich selbst, Arnold und Waldeyer gedacht, nur in der Weise möglich, dass in gewissen Fällen die Vertheilung der chromatischen Kernsubstanz auf die Tochterkerne ganz und gar ohne Gesetzmässigkeit, in anderen mit grösseren oder geringeren Andeutungen solcher sich vollzieht. Physiologisch würden alle solche Fälle weitab von der typischen Mitose zu stellen sein und diese allein die Uebertragung gleicher Vererbungstendenzen und eines gleichen *Idioplasma* auf viele Zellengenerationen hinaus sichern.

§ 19.

Theorie der Theilung der Zellen. Die erste Frage, die sich hier erhebt, ist die: Liegen die Triebfedern bei der Mitose im Kerne selbst oder auch und in welchem Grade in der Zelle.

Ich beantworte diese Frage entschieden dahin, dass bei der Mitose die Kerne die wesentlichste und Hauptrolle spielen und begründe diesen Satz in erster Linie damit, dass in vielen Fällen (S. oben) die Mitosen ganz und gar innerhalb der geschlossenen Kernmem-

bran ablaufen. Wollte man einwenden, dass in solchen Fällen die ersten Antriebe zur Kerntheilung doch von der Zelle ausgehen, so liesse sich eine solche Behauptung allerdings nicht direkt widerlegen, immerhin wäre zu bemerken, dass keinerlei Thatsachen für eine solche Auffassung sprechen, indem an den betreffenden Zellen selbst keine Erscheinungen wahrnehmbar sind, die auf eine Theilung hinweisen. Am deutlichsten ist dies in denjenigen Fällen, in denen die Kerne vielkerniger Zellen (Samencysten, *Flemming*; gewisse Zellen von *Phanerogamen*, *Treub*) oder vielkerniger einzelliger Organismen (*Opalina*, *Pfitzner*; *Actinosphaerium*, *R. Hertwig*; *Siphonocladiaceen*, *Schmitz*) alle zusammen oder in ihrer Mehrzahl sich theilen, ohne dass die Zellen selbst irgend welche Veränderungen darbieten (S. auch *Flemming*, S. 361). Noch beweisender sind die Vorgänge im Embryosacke der höheren Pflanzen, in dem die Kerne anfangs durch Mitose sich vervielfältigen und erst viel später unter eigenthümlichen Erscheinungen mit Zell-*Protoplasma* sich umhüllen (*Strasburger*). Gehen wir von diesen Thatsachen aus, so werden wir auch für die Fälle, in denen die Kerne während der Mitose ihre Begrenzung gegen das Zell-*Protoplasma* verlieren, nicht geneigt sein, dieselben nicht als die Hauptfaktoren anzusehen und scheinen mir die von *Strasburger* angeführten Beweise für die Annahme, dass die Triebfedern für die Kerntheilungen im Zellen-*Protoplasma* liege, nichts weniger als stichhaltig. Die bedeutungsvollste Thatsache nach dieser Seite sind wohl die von den Polen der achromatischen Spindel ausgehenden Strahlungen im Zellkörper und die hier vorkommenden körperlichen Centralgebilde (Attraktionssphaeren, Polkörperchen), sowie die an diesen beobachteten Theilungen vor der Kerntheilung. Liegen diese Gebilde ausserhalb des Bereiches des Kernes, wie dies bei sich furchenden Eiern nicht zu bezweifeln ist, so wird noch mehr der Anschein hervorgebracht, als ob die Zelle thätig in die Kerntheilung eingreife.

Prüfen wir nun diese Thatsachen näher, so ergiebt sich folgendes. Strahlungen im Zellen-*Protoplasma* von Kernen ausgehend, haben nicht nothwendig Beziehungen zur Mitose, wie die am Spermakerne und Eikerne vorkommenden Strahlungen vor der Vereinigung derselben und die von den Kernen des pflanzlichen Endosperms ausgehenden Radiationen vor der Membranbildung um dieselben beweisen (S. *Strasburger's* bekannte Abbildung) und deute ich dieselben einfach als Ausdruck einer lebhaften Säftebewegung zwischen den betreffenden Kernen und dem *Protoplasma*. Bei Kernen, die zur Theilung sich anschicken, erkläre ich die Polstrahlungen in derselben Weise und leite die Theilung der Polkörperchen und Attraktionssphaeren und die zwei Polstrahlungen davon ab, dass im Kerne als Einleitung zur Theilung polare Gegensätze auftreten, die auch in der Erscheinung der zwei achromatischen Halbspindeln sich kundgeben. Und da solche Spindeln mit zwei Polen auch innerhalb geschlossener Kerne entstehen (S. vor Allem die Abbildungen von *Schewiakoff*) und selbst Polkörperchen ähnliche Bildungen, von denen Strahlungen in das Zellen-*Protoplasma* ausgehen, tragen können (*Euglypha*, *Schewiakoff*; *Actinosphaerium*, *R. Hertwig*), so ist wohl klar, dass die Kerne es sind, die in erster Linie eine dicentrische Anordnung zeigen, die dann auch im Zellen-*Protoplasma* sich kundgiebt. Mit dieser Behauptung bin ich natürlich nicht gemeint, die Mitwirkung des Zellen-*Protoplasma* bei der Kernmitose auszuschliessen, doch suche ich dieselbe, wie ich schon anderswo auseinandersetzte (Zeitschr. f. w.

Zool., Bd. 42), einfach in seiner Bedeutung für die Ernährung und den Stoffwechsel der Kerne.

Die eben auseinandergesetzten Anschauungen werden wohl kaum allgemeine Billigung finden und herrscht im Ganzen bei den Gelehrten, die am einlässlichsten mit den Vorgängen der Mitose sich befasst haben, die Neigung, die Thätigkeit der Zelle mehr zu betonen oder dieselbe an die Spitze zu stellen. So bei *Strasburger* und bei *Rabl*, dessen neue geistreiche Hypothese oben auseinander gesetzt wurde. Auch *Flemming* und *E. v. Beneden* sind offenbar geneigt, den Kern nicht allzusehr zu betonen und *Boveri* schreibt dem Kerne und dem *Protoplasma* jedem seine besondere Rolle zu. Auch ich gebe gern zu, dass die Eier mit Attraktionssphaeren im Zell-*Protoplasma* denen eine grosse Schwierigkeit bereiten, welche, wie ich, den Anstoss zur Kerntheilung unbedingt in den Kern allein verlegen, nichtsdestoweniger glaube ich bei meiner Auffassung verharren zu müssen, die sich, neben den oben angeführten Gründen, auch und sehr wesentlich auf die Bedeutung der Kerne für die Vererbung und Formbildung stützt, welche es unabweislich macht, dieselben als das *Primum movens* auch bei den Zellentheilungen anzusehen. Uebrigens hat auch *E. v. Beneden* an eine solche Möglichkeit gedacht, wenn er sagt: „D'ou vient l'impulsion, qui determine le dédoublement des corpuscules centraux, la formation des cordons pelotonnés et la division longitudinale des anses? Reside-t-elle dans le noyau ou dans le corps cellulaire?"

Versuchen wir nun von dem auseinandergesetzten Standpunkte aus die Einzelerscheinungen der Mitose zu deuten, so stossen wir auf die grössten Schwierigkeiten und bitte ich das Folgende nur als vorläufige Andeutungen anzusehen.

Wenn der erste Impuls zur Kerntheilung, wie ich annehme, vom Kerne ausgeht, so erhebt sich als erste Frage, giebt das *Chromatin* oder das *Achromatin* desselben diesen Anstoss. An das *Chromatin* in erster Linie zu denken veranlasst der Umstand, dass die Samenfädenkörper, welche allein dem neuen Geschöpfe männliches *Idioplasma* zuführen, wesentlich aus *Chromatin* bestehen, welcher Stoff somit als der die Vererbung und Gestalt bedingende anzusehen ist, der bei den für die Formbildung so wichtigen Zellentheilungen den Ausschlag giebt. Geht man von diesem Gesichtspunkte aus, so wäre zu erwägen, ob und zu welcher Zeit die chromatischen Elemente der Kerne Erscheinungen zeigen, die als Anregungen zur Kerntheilung aufgefasst werden könnten. Solche Erscheinungen sind jedenfalls die Längsspaltungen der chromatischen Elemente; da jedoch diese verhältnissmässig spät eintreten, nachdem bereits die achromatischen Halbspindeln sich gebildet und die Polkörperchen und Attraktionssphaeren sich getheilt haben, so frägt es sich, ob nicht schon früher an den Kernen dicentrische Anordnungen wahrnehmbar sind und richtet sich da der Blick von selbst auf die von *Rabl* nachgewiesenen Gegensätze zwischen dem Polfelde und dem Gegenpolfelde.

Sollte weder das eine noch das andere Moment als ausschlaggebend für die Kerntheilungen sich erweisen, so bliebe nichts anderes übrig, als an die achromatischen Halbspindeln zu denken, die ja in der Mehrzahl der Fälle unzweifelhaft dem Kerninhalte entstammen und dieselben als das *Primum movens* anzusehen. Bei der Unkenntniss, in der wir uns annoch über die Bedeutung der

einzelnen Kernbestandtheile befinden und da vorläufig die Möglichkeit, dass die Samenfäden auch mit achromatischen Bestandtheilen bei der Befruchtung und Vererbung eingreifen, sich nicht ohne Weiteres abweisen lässt, ist dieser Gedanke wohl einer näheren Prüfung werth, um so mehr, als in diesem Falle auch die Polkörperchen zu einer Hauptrolle kämen und die Attraktionssphaeren und Polstrahlungen sich erklären liessen. Man könnte sich vorstellen, dass in den Kernen, in denen das Polkörperchen dem Kerne angehört, wie bei *Euglypha* und wohl auch bei *Triton*, dasselbe sich theilt und dass gleichzeitig oder schon vorher aus der Kernsubstanz die zwei achromatischen Halbspindeln sich entwickeln, die dann die weiteren Theilungen des Kernes einleiten. Wo dagegen, wie sicher bei *Ascaris megalocephala*, ein solches Centralkörperchen im Zellen-*Protoplasma* gelegen ist, dürfte der Anstoss zur Theilung nicht in dasselbe verlegt, sondern müsste doch im Kerne angenommen werden. Dies wäre möglich, wenn man das Hauptgewicht auf die Bildung der achromatischen Halbspindeln legte und diese ganz oder wenigstens zum grössten Theile aus dem Kerne hervorgehen liesse. Selbstverständlich würde in diesem Falle eine Theilung der Polkörperchen auch die der Attraktionssphaeren nach sich ziehen.

Die Annahme, dass Zusammenziehungen von Faserbildungen im Zellen-*Protoplasma* die Theilung der Polkörperchen bewirken und den ersten Anstoss zur Kerntheilung geben (*Rabl*), kann ich nicht als gerechtfertigt ansehen, angesichts der Kerntheilungen innerhalb erhaltener Kernmembranen und in vielkernigen Zellen.

Die Bedeutung der achromatischen Fasern suchen nach *Strasburger* und *Flemming*, die schon solche Möglichkeiten andeuteten, *E. v. Beneden*, *Boveri* und *Rabl* in Kontraktionen derselben, durch welche sie die sekundären chromatischen Elemente auseinanderziehen, und ist nicht zu leugnen, dass, wie schon oben hervorgehoben wurde, eine solche Hypothese sehr bestechend ist. *E. v. Beneden* und *Boveri* rechnen zu den bei diesen Vorgängen betheiligten Elementen bei *Ascaris* auch Theile der Polarstrahlung (die *Cones antipodes* von *v. Beneden*), in welcher Beziehung zu bemerken ist, dass bei allen vielkernigen Zellen und vielen Kernen, die mit Erhaltung der Membran sich theilen, von solchen Vorgängen keine Rede sein kann.

Zum Schlusse bespreche ich noch kurz eine neue auffallende Hypothese von *Boveri*, der zufolge die Polkörperchen von einem achromatischen Bestandtheile des Samenfadens abstammen sollen (Ueber den Antheil des Spermatozoon an der Theilung des Eies im Sitzungsber. der Münchener morphol. Ges. 1887, 3. Heft, S. 150). Da jedoch *Boveri* bei *Ascaris megalocephala* die Abstammung des ersten Polkörperchens vom Samenkörper nicht wirklich beobachtet hat (Stud. II, S. 157, Fig. 26, 27, 28) und so etwas auch von *Fol*, *Flemming* und *O. Hertwig*, die *Boveri* citirt, nicht gesehen wurde, so darf diese Hypothese, die allerdings zu sehr wunderbaren Ableitungen führen würde, wohl mit Stillschweigen übergangen werden.

Mit Bezug auf die in diesem Paragraphen besprochenen Fragen vergl. man vor Allem die Schriften von *Flemming*. *Bütschli*, *Fol*. *Mark*, *Roux*, *Pfitzner*, *Carnoy*, *Platner*, *Brass*, *Fraisse* und *Waldeyer* (Citate bei *Waldeyer*). Wiederholt betone ich. dass nur die Theile der Kerne, die auf die befruchtenden Abschnitte der Samenfäden

und die denselben gleichwerthigen Theile des Keimbläschens sich zurückführen lassen, bei der Vererbung und den Gestaltungsvorgängen und somit auch bei der Zellentheilung eine Rolle spielen können. Nach den bisherigen Erfahrungen sind dies vor Allem die *Nuclein*haltigen chromatischen Segmente und ist eine Mitbetheiligung anderer Kernbestandtheile zwar möglich, aber doch nicht erwiesen.

§ 20.

Animale Funktionen der Zellen. Zu den Lebenserscheinungen der Elementartheile gehören auch die nervösen Funktionen und Bewegungen verschiedener Art.

Die ersteren sind bei den höheren Geschöpfen einzig und allein an die Elemente des Nervensystems geknüpft und entziehen sich bei dem vollkommenen Dunkel, das über dem Zustandekommen derselben herrscht, jeder weiteren Besprechung. Nur in Einer Beziehung scheint eine bestimmte Antwort möglich zu sein und zwar auf die Frage, welche Theile der Nervenelemente die eigentlich wirksamen seien. Ich halte dafür, dass dieselben dem *Protoplasma* der Nervenzellen angehören und den mit diesen in Verbindung stehenden Achsenfibrillen der Nervenfasern, welche Konsistenz dieselben auch haben mögen.

Bei den niedersten *Metazoen* (*Dicyemiden*, *Spongien*), die kein Nervensystem besitzen, sind Verrichtungen desselben an alle Zellen oder wenigstens an diejenigen des Ektoderms gebunden und bei den *Protozoen* kommen diese Funktionen möglicherweise dem gesammten *Protoplasma* zu, welches als Sitz der Empfindung und des Willens zu betrachten wäre, die diesen Geschöpfen nothwendig zuerkannt werden müssen. Sehr lehrreich sind in dieser Beziehung die sinnreichen Versuche *A. Gruber's*, der fand, dass während der Konjugation, der spontanen und künstlichen Theilung dieser Thiere die schmalste *Protoplasma*brücke genügt, um übereinstimmende und zweckmässige Bewegungen der beiden Individuen oder Theilstücke zu ermöglichen. Bei den Volvocinen übernehmen die Verbindungsfäden der einzelnen Individuen diese Funktion und schwamm eine getheilte Kolonie ganz regelrecht fort (Ber. d. nat. Ges. in Freiburg, Bd. II, 1886). Diese Erfahrungen *Gruber's* lassen übrigens auch die Annahme zu, dass die nervösen Funktionen mancher Protisten am *Ectoplasma* ablaufen, welches auch die kontraktilen Apparate (S. unten) und bei gewissen Formen von Ciliaten in den Tastborsten entschieden sensible Organe liefert.

Von Interesse wäre eine Prüfung der Vorticellinen mit kontraktilem Stiele von diesem Gesichtspunkte aus. *Czermak* giebt an, dass Kontraktionen des Körpers ohne solche des Stieles eintreten können und nach diesem Beobachter und nach *Kühne* sollen sich auch Theile des Stieles unter Umständen für sich allein zusammenziehen! Wo wäre da der leitende Apparat zu suchen, wenn nicht in der ektoplasmatischen Stielscheide?

Zu den Bewegungserscheinungen der Zellen übergehend, so wurden früher gewisse Bewegungen, die am Zelleninhalte auftreten und mannigfache Gestalts- und selbst Ortsveränderungen bedingen, abgesehen von den Zusammenziehungen der Muskelfasern, Wimperhaare und Samenfäden, die man als *sui generis* ansah als höchst merkwürdige vereinzelte Erscheinungen aufgefasst. Nun haben sich aber in den letzten Dezennien die Wahrnehmungen über solche Vorgänge in der Art gemehrt, dass sich jetzt mit grösster Wahrschein-

lichkeit der Satz aufstellen lässt, dass alle embryonalen Zellen Kontraktionserscheinungen zeigen und dass solche auch bei den meisten ausgebildeten Elementartheilen, ja vielleicht bei allen in dieser oder jener Weise sich finden.

Untersuchen wir die Bewegungserscheinungen genauer, die bei einfachen Thieren und thierischen Elementartheilen auftreten, so finden wir folgende Arten:

1. Bewegungen einfacher Zellen, denen keine besonderen Elemente zu Grunde liegen.

a) Bewegungen mit Aenderung der Gesammtform der Zellen.

In den einfachsten Fällen zeigt eine Zelle Einschnürungen und Ausbuchtungen, die bald von Stelle zu Stelle sich fortpflanzend eine wurmförmige Bewegung veranlassen, bald da und dort an einzelnen Gegenden auftretend geringere oder grössere vorübergehende Aenderungen der Umrisse bewirken (Zellen von Planarienembryonen, Gregarinen z. Th., gewisse Infusorien, viele Zellen von Embryonen, Eier von manchen Thieren und gewisse Drüsenzellen, Myxomyceten, Samenkörper der Ascariden u. s. w.). Bilden sich solche Hervorragungen oder Ausbuchtungen der Zellenoberfläche in grösserer Zahl und erheblicherer Grösse, so dass die Zellen wie sternförmig werden, und in mannigfachem Wechsel, wie bei der Gattung *Amoeba*, so bezeichnet man dieselben als amöboide Bewegungen. Solche finden sich vor Allem schön an den farblosen Blutzellen, den Lymphzellen und den verwandten Elementen der follikulären Organe (Lymphdrüsen, Darmfollikel, Milz, cytogene Bindesubstanz), die man als lymphoide Zellen oder Wanderzellen bezeichnen kann, ferner bei vielen farblosen und pigmentirten Bindegewebszellen, ja vielleicht bei allen diesen Elementen in einem gewissen Stadium ihrer Entwickelung.

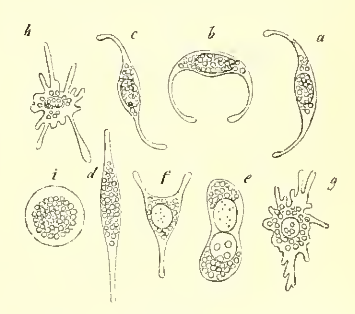


Fig. 46.

Bei den Protisten gehen diese amöboiden Bewegungen durch mannigfache Uebergänge über in die eigenthümlichen Bewegungserscheinungen, die bei den Rhizopoden und Radiolarien durch die sogenannten Pseudopodien oder Scheinfüsse, die Saugröhren und Fangfäden, vermittelt werden. Bei diesen Geschöpfen erheben sich aus der kontraktilen Leibessubstanz eine Menge zarterer oder stärkerer fadenförmiger Fortsätze, die, von festeren Achsengebilden gestützt, oder ohne solche, einfach oder vielfältig verästelt, selbst Netze bildend, mannigfache Kontraktionserscheinungen zeigen, sich verlängern oder verkürzen, zusammenfliessen oder sich trennen. Haben die Pseudopodien eine festere Achse, so zeigt die sie umhüllende kontraktile Substanz eine eigenthümliche Bewegung, die an dem Auf- und Abwärtsgleiten oder -Strömen der in derselben befindlichen kleinen

Fig. 46. Blutzellen vom Krebs, 400 Mal vergr. Nach *Häckel*. *a, b, c, d.* Die Form, welche die meisten beim Ausfliessen des Blutes aus dem lebendigen Thiere zeigen. *e.* Eine Zelle mit 2 Kernen. *f, g, h.* Verschiedene Formen, die die Zellen ausserhalb des Körpers bei ihren amöbenartigen Bewegungen annehmen. *i.* Die kugelig zusammengezogene Form, die die meisten Zellen im frei geronnenen Blute zeigen.

Körnchen erkannt wird. Diese Bewegungen alle geschehen gewöhnlich ganz langsam, doch können gewisse Pseudopodien (sogenannte Myophrysken, Myopodien, *Engelmann*) unter Umständen, wie *Engelmann* bei Acanthometriden gesehen hat (*Pflüger's* Arch., Bd. 25, S. 539), auch bei mechanischen oder elektrischen Reizen blitzschnell bis auf $^1/_{50}$ ihrer Länge sich zusammenziehen, wogegen ihre Verlängerung immer langsam vor sich geht.

b) Bewegungen ohne Aenderung der Gesammtform der Zellen.

Hierher gehören einmal die verschiedenen Formen der Saftströmung, welche bei Pflanzenzellen so verbreitet vorkommen, deren starke Zellwandungen die sub a verzeichneten Bewegungsformen unmöglich machen. Bei Thieren ist diese Bewegungsform von mir aus der Form des Zelleninhaltes gewisser Zellen (Zellen von *Polyclinum stellatum*, Knorpelzellen der Kiemen von *Branchiomma Dalyellii mihi*, Zellen der Tentakelachse gewisser Hydroidpolypen), welche später auch *Fr. E. Schultze* bei *Hydra* und *Cordylophora* beobachtet hat, erschlossen worden und findet sich möglicherweise beim Knorpelgewebe weit verbreitet (im Enchondrom nach *Virchow*).

Von Bewegungserscheinungen bei einzelligen Thieren rechne ich hierher diejenigen der kontraktilen Blasen oder pulsirenden Vacuolen gewisser Protistengruppen, und die mit der Nahrungsaufnahme und -Abgabe und dem Stoffwechsel verbundenen Bewegungen bei Infusorien, Rhizopoden und Radiolarien, die unter Umständen (*Paramaecium*, *Vorticellen*, *Trachelius*) im sogenannten *Endoplasma* in Formen auftreten, die den Saftströmungen der Charazellen und gewöhnlichen Pflanzenzellen gleichen. Auch bei nicht selbstständigen Zellen (*Spongilla*, farblose Blutzellen von Amphibien) sah *Lieberkühn* kontraktilen Vacuolen ähnliche Bildungen.

2. Bewegungen durch besondere Elemente.

a) An einfachen Zellen.

Hierher zählen bei höheren Thieren die Wimper- oder Flimmerhaare aller Art mit ihren Fortsetzungen in das Zellen-*Protoplasma* herein (S. S. 14).

Bei den Protisten gehören in diese Kategorie:

1. Aeussere bewegliche Anhänge, wie Wimpern, Tentakel, Cirrhen, Borsten, Griffel, Hacken, Geisseln, Membranellen, undulirende Membranen.

   Von diesen stehen die Wimpern, Cirrhen und Membranellen mit tieferen, wahrscheinlich kontraktilen Fortsetzungen in Verbindung (*Bütschli*, S. 1327, 1332, 1337). Die Cirrhen zerfallen leicht in feinere Fibrillen, die ihre Beweglichkeit bewahren und die Membranellen und undulirenden Membranen, von denen die ersteren alle und auch manche der letzteren feinstreifig sind, stehen verwachsenen oder verklebten Wimpern noch näher.

2. Kontraktile Fibrillen oder Fasern im Innern des Leibes sind bei den ciliaten Infusorien sehr verbreitet; nach *Bütschli* (*Protozoen*, S. 1293) gehören diese „Myonemen" genannten Theile der sogenannten Alveolarschicht dicht unter der Begrenzungshaut oder *Pellicula*

an und verlaufen in der Regel der Länge nach (*Vorticellinen*, *Stentor*, *Spirostomum*, *Condylostoma*, *Holophrya* u. a. m.). Bei den Vorticellen vereinigen sich die Myonemen am hinteren Körperende und bei den Gattungen mit kontraktilem Stiele setzt sich dieses Bündel in den sog. Stielmuskel fort, der nachweisbar aus feinsten Fibrillen besteht. Ausser diesen Längsfibrillen finden sich noch ringförmige oder bogenförmige Fäserchen im *Peristom* von Vorticellinen und von *Stentor* (*Engelmann*, *Bütschli*, *Brauer*).

Die Myonemen der Ciliaten sind z. Th. sehr fein, z. Th. dicker, so 1 μ bei *Stentor*, 3 μ bei Opercularien, und erscheinen manchmal wie mit Varicostiten versehen (*Epistylis umbellaria*), z. Th. wirklich quer gestreift, wie bei *Stentor*. Ich deute die Abbildung von *Bütschli* (S. 1298, Fig. 14b) als eine Fibrille mit dunklen, etwas vorspringenden Zwischenscheiben *Z* und hellen, streifigen *Q*, wie die gewöhnlichen Thoraxfibrillen der Insekten.

Bei den Gregariniden hat zuerst *E. v. Beneden* bei seiner *Gregarina* (*Porospora*) *gigantea* im *Ectoplasma* quere kontraktile Fibrillen gesehen, die wie aus Reihen von Körnern zu bestehen schienen, eine Beobachtung, die *Schneider* und *Bütschli* für gewisse andere Gattungen bestätigten.

b) An umgewandelten Zellen.

In diese Abtheilung sind zu bringen:

α) Die Samenfäden, welche umgewandelte Zellenkerne sind und durch besondere aus dem Kerne entstandene Fäden und membranöse Bildungen (undulirende Membranen) sich bewegen.

β) Die eigentlichen Muskelzellen aller Art von den Muskelfibrillen enthaltenden Ektodermzellen von *Hydra*, den muskulösen Zellen der *Purkinje*'schen Fäden des Endocard und des Herzfleisches selbst an bis zu den zusammengesetztesten quergestreiften Muskelfasern, welche ihre Bewegungen durch besondere Elementartheilchen, die Muskelfibrillen, hervorbringen.

Bezüglich auf die chemische Beschaffenheit des kontraktilen Zelleninhaltes, so darf wohl so viel mit Sicherheit behauptet werden, dass derselbe überall ein stickstoffhaltiger Stoff ist, der zu den Eiweisskörpern gehört. Am genauesten ist dieser sogenannte Muskelfaserstoff bei den quergestreiften Muskelfasern bekannt, bei denen derselbe durch seine Unlöslichkeit in Wasser, Alkohol, Aether und seine leichte Löslichkeit in verdünnten Säuren und kaustlichen Alkalien, in Magensaft und Trypsin, in Salmiak von 15 % und Kochsalz von 10 % sich auszeichnet. In dieselbe Kategorie gehören auch nach meinen Erfahrungen die Wimperhaare, nach *Engelmann* die Muskelfibrillen von *Stentor* und das kontraktile Rinden-*Protoplasma* (sog. Myophanschicht) desselben Thieres (Kontraktilität und Doppelbrechung in *Pflüger's* Arch., Bd. XI) und höchst wahrscheinlich alles und jedes kontraktile *Protoplasma*. Doch hätte man anzunehmen, dass nicht das *Protoplasma* in seiner Gesammtheit kontraktil ist, sondern nur die in demselben enthaltenen Eiweissubstanzen, wogegen das schwer lösliche *Plastin* dieser Eigenschaft ermangeln würde.

In Manchem von den gewöhnlichen kontraktilen Substanzen abweichend ist die Substanz der Samenfäden, über die alte Erfahrungen von mir folgendes lehren:

Die Samenfäden der Säugethiere sind die widerstandsfähigsten von allen und lösen sich nicht in konzentrirter Schwefelsäure und Salpetersäure, in letzterer auch nicht bei zwei Minuten langem Kochen. Salzsäure wirkt in der Kälte nicht, beim Kochen verkürzen sich die Fäden und schrumpfen. Eisessig wirkt weder in der Kälte noch in der Wärme. Kaustische Alkalien wirken in der Kälte fast nicht, beim Kochen lösen sich die Fäden schon in 1 % Lösungen, langsamer die Körper. Alkalische Salze wirken nicht.

Beim Frosche löst Eisesssig die Fäden schon in der Kälte. Mineralsäuren lösen erst die Fäden und dann die Körper. Kaustische Alkalien schon von 1 % lösen sofort Alles. Wesentlich ebenso, nur noch stärker wirken diese Reagentien bei Fischen. Auch in schwefelsaurem Natron lösen sich die Fäden der Fische in einigen Tagen ganz, während der Samen in Fäulniss geräth und Myelintropfen auftreten. Auch für sich allein fault Fischsamen rasch und verschwinden die Fäden, während Samenfäden von Säugern monatelang in faulem Harne sich halten. Bei neuen Untersuchungen fand ich, dass die Samenfäden des Stieres auch beim Kochen sich nicht lösen in Essigsäure, Salzsäure, Dichloressigsäure, ferner in Magensaft.

Aus Allem diesem ergiebt sich, dass bei den Fischen und dem Frosche die beweglichen Fäden der Samenkörper chemisch wesentlich mit den Muskelfasern übereinstimmen, bei den Säugern dagegen mehr mit der Substanz der Kerne und der elastischen Fasern, von welchen sie jedoch durch ihre leichte Löslichkeit in kaustischen Alkalien abweichen (Zeitschr. f. w. Zool., Bd. 7, S. 254 u. flgde.).

Mit Bezug auf die physikalischen Verhältnisse der kontraktilen Substanz hat *Engelmann* mit Glück den Nachweis versucht, dass dieselben alle anisotrop seien (l. c.), doch zwingen seine Versuche, wie mir scheint, nicht zu der Annahme, dass einfach brechende Theile nicht kontraktil sein können, indem ja denkbar ist, dass dieselben erst bei der Zusammenziehung doppeltbrechend werden. Im feineren Baue zeigen die kontraktilen Elemente wesentlich zwei Haupttypen, indem die einen scheinbar aus homogener Substanz, die anderen aus besonders angeordneten feinsten Elementen, sog. Fibrillen, bestehen, doch wäre es leicht möglich, dass bei beiden wesentlich gleich beschaffene Moleküle vorkämen, worüber beim Muskelgewebe mehr.

Die ersten Wahrnehmungen über kontraktile Zellen rühren von *Siebold* und *mir* an Planarienembryonen her. Dann zeigten *Vogt* bei Alytes und *ich* bei Sepia, dass das Herz schon zu einer Zeit pulsirt, in der dasselbe noch ganz und gar aus undifferenzirten Zellen besteht. Weiter beschrieb dann *Wharton Jones* 1846 die Bewegungen der farblosen Blutzellen, *Brücke* die der Pigmentzellen von *Batrachiern* und von *Chamaeleo*, *ich* die Anzeichen von Saftströmung in Zellen von Wirbellosen, welche Beobachtungen nur der Anfang einer grossen Reihe von anderen ähnlichen Erscheinungen waren. Für die weitere Entwickelung dieser Frage waren dann von Wichtigkeit die Wahrnehmungen von *mir* an den Bindegewebszellen einer *Ascidie* und die von *v. Recklinghausen* an denen der Frösche über Ortsveränderungen und Wanderungen von Zellen, an welche dann die auch für die Pathologie so wichtig gewordene Lehre der Wanderzellen sich anreihte. Im Anschlusse an die durch *v. Siebold* und *mich* aufgestellte Lehre von dem Vorkommen einzelliger Thiere und die Erfahrungen über die Aufnahme der Nahrung durch dieselben wurde dann auch bei den Zellen verschiedener Geschöpfe zuerst von *Häckel* eine Aufnahme von geformten Theilchen von aussen nachgewiesen, die nach verschiedenen Seiten neue Aufschlüsse und wichtige Verwerthungen bot.

Die allgemeinen Verhältnisse anlangend, so stellte ich schon in der ersten Auflage dieses Werkes (1852) alle Bewegungserscheinungen bei den einzelligen Thieren, den Zellen der höheren Organismen, den Wimperhaaren und Muskelfasern zusammen und hat sich die Richtigkeit dieser Auffassung im Laufe der Jahre immer mehr bewahrheitet. Wie die Sachen jetzt liegen, wird es immer wahrscheinlicher, dass alle kontraktilen Theile der Thiere und Pflanzen einem bestimmten Bestandtheile des Zellen-*Protoplasma* angehören und aus demselben sich hervorbilden, welche Substanz als ein Eiweisskörper zu bezeichnen ist und mit dem *Plastin*, einem Hauptbestandtheile des *Protoplasma* nicht übereinstimmt, wenn auch beide Stoffe wahrscheinlich in bestimmten Beziehungen zu einander stehen (S. oben § 6).

Die neuen Erfahrungen über die Bewegungen von Zellen haben zu vielen wichtigen Erkenntnissen geführt, von denen ich folgende noch besonders hervorhebe.

1. Ortsveränderungen und Wanderungen von Zellen spielen eine grosse Rolle a) bei den farblosen Blutzellen, die aus den Blutgefässen auswandern und als Eiterzellen erscheinen können (*Waller, v. Recklinghausen, Cohnheim* u. A.); b) bei den lymphoiden Zellen, die aus den Follikeln des Darmes austreten, Epithelgewebe durchwandern und auf der Oberfläche von Schleimhäuten als Absonderung erscheinen können (*Ph. Stöhr* u. A.); c) bei lymphoiden Zellen, die in transplantirte Fremdkörper einzuwandern im Stande sind (*Recklinghausen* u. A.); d) möglicherweise auch bei Zellen von Embryonen, die sich verschieben (*Stricker*); e) bei den pigmentlosen und den pigmentirten Bindegewebszellen, die in Epithelien und in Epidermisbildungen hineinwandern und denselben ihr Pigment mittheilen (S. unten bei der Oberhaut).

2. Eine Aufnahme von fremden Körpern von aussen in Folge von Kontraktionserscheinungen von Zellen findet sich bei lymphoiden Zellen und erklärt nach *Preyer* die von mir beschriebenen blutkörperchenhaltigen Zellen der Milz und anderer Orte, ferner die von mir gesehene Aufnahme von Nervenmark in Zellen und den Uebertritt von Farbstoffkörnchen in solche Elemente. Nachdem ferner bei niederen Thieren von *Claus, Parker, Metschnikoff* und *Lankester* eine Aufnahme von Nahrungskörpern durch amöboide Bewegungen von Entodermzellen wahrgenommen worden war, glaubt in der neuesten Zeit *Metschnikoff* auch eine Aufnahme einfachster Organismen (Bakterien, Kokken etc.) durch lymphoide Zellen (*Phagocyten*) beobachtet zu haben (S. oben § 13).

Von den vitalen Bewegungen der Zellen sind wohl zu unterscheiden die aus physikalischen, vom Leben unabhängigen Ursachen hervorgehenden. Von solchen kennt man schon lange die sogenannte *Brown*'sche Molekularbewegung, d. h. ein mehr oder minder lebhaftes Zittern von Körnchen ohne grössere Ortsveränderung, das man unter dem Mikroskop in verschiedenen Zellenarten, am schönsten an den Pigmentzellen der *Chorioidea*, den Schleimkörperchen, den Blutzellen von Froschembryonen (*Böttcher*) z. Th. nach Wasserzusatz, z. Th. ohne solchen wahrnimmt, und das auch an lebenden Zellen vorkömmt (*Lieberkühn*), jedoch kaum als ein vitales Phänomen anzusehen ist. Denn einmal steigert sich diese Bewegung nach Wasserzusatz und findet sich auch an den aus den Zellen ausgetretenen Körnchen und zweitens findet sich dieselbe noch schöner an frei in Flüssigkeit enthaltenen kleinen Körperchen, wie den Pigmentmolekülen der erwähnten Zellen, den Dotterbläschen vieler Thiere, ja selbst an den krystallinischen Otolithen und Kalkkrystallen am Nervensysteme der Amphibien. Uebrigens vergleiche man *Brücke* über die sogenannte Molekularbewegung in thierischen Zellen in den Sitzungsbericht. d. Wiener Akademie, Bd. 45, *A. Böttcher* in *Virch.* Arch., Bd. 35, St. 120 und *Lieberkühn* über Bewegungserscheinungen der Zellen, 1870.

Ferner rechne ich hierher alle Formänderungen von Elementen, die durch eine verschiedene Konzentration der umgebenden Flüssigkeiten hervorgebracht werden, wie das Schrumpfen oder Zackigwerden von Zellen, wie den Blutkörperchen, in konzentrirten Lösungen und die Kugelgestalt und Vergrösserung, welche solche in diluirten Medien annehmen. Sehr bemerkenswerth sind auch die amöboiden Bewegungen, die *Lieberkühn* an durch Glycerin und Zucker abgetödteten Zellen wahrnahm (l. c.), woraus er schliesst, dass das Auftreten solcher Bewegungen kein sicheres Kriterium für das Leben sei.

In dieselbe Kategorie lassen sich Bewegungen einreihen, welche, wie *G. Quincke* in einer bemerkenswerthen Arbeit (Ueber periodische Ausbreitung an Flüssigkeitsober-

flächen und dadurch hervorgerufene Bewegungserscheinungen in Sitzungsber. d. Berl. Akad. vom 12. Juli 1888) gezeigt hat, entstehen, wenn an der Grenzfläche zweier Flüssigkeiten 1 und 2 eine Flüssigkeit 3 sich ausbreitet. So hat *Q.* nachgewiesen, wie ein Tropfen Oel in einer verdünnten Sodalösung durch fortwährende Bildung von Seife, Auflösung derselben und Ausbreitung der Seifenlösung an der Grenze von Oel und wässeriger Flüssigkeit und Wiederholung dieses Vorganges Formveränderungen zeigt, die mit denen einer Amoebe grosse Aehnlichkeit haben. Aehnlich wie Sodalösungen wirken alle Arten Eiweiss und ist in diesem Falle der Grund der Ausbreitung in einer Substanz zu suchen, die durch Einwirkung des Eiweisses auf das Oel entsteht, sich in Wasser löst und ausbreitet und die *Q.* „Eiweisseife" nennt, ohne sie genauer zu charakterisiren. Hierauf gestützt, stellt *Q.* die Hypothese auf, dass die Ausbreitung von Eiweisseife an der Berührungsfläche fetter Oele mit Wasser die Ursache der *Protoplasma*-Bewegungen (amoeboide Bewegungen, Saftströmungen aller Art, kontraktile Vacuolen, Pseudopodienbewegungen, Nahrungsaufnahme) bei Pflanzen und niederen Thieren sei. Einzelnheiten anlangend nimmt *Q.* an, dass die oberflächlichste Lage des *Protoplasma* an der Oberfläche von Zellen, Vacuolen, *Protoplasma*-Strängen im Innern von Zellen, *Hyaloplasma* enthaltenden Räumen und Pseudopodien, überall von einer dünnen Oelschicht gebildet werde, unter der Eiweisslösungen sich finden. Für Näheres verweise ich auf die wichtige Arbeit selbst und erlaube mir nur die Bemerkung, dass Bewegungen, wie die von *Q.* geschilderten, wohl unzweifelhaft auch bei Organismen eine Rolle spielen. Auf der anderen Seite wird es aber auch gestattet sein, zu bezweifeln, dass dieselben so weit eingreifen, wie *Q.* annimmt. Die Bewegungen der Protisten, auch einer Amoebe, sind willkürliche Akte, die Pseudopodien verkürzen sich durch elektrische Schläge (*Engelmann*) und die Nahrungsaufnahme und -Abgabe dieser Geschöpfe lässt sich auch nicht durch einfache physikalische Vorgänge erklären. Dagegen ist es leicht möglich, dass *Q.* für die Saftströmung und manche andere Bewegungserscheinungen im Innern, wenn auch wohl kaum für die echten pulsirenden Vacuolen, die wie die von *Actinosphaerium* eine Membran besitzen, die Lösung des Räthsels angebahnt hat.

Gestaltung der Elementartheile im erwachsenen Organismus, Zellenarten.

§ 21.

Verfolgt man die Schicksale der bei Embryonen vorkommenden Zellen, so findet man, dass dieselben beim Menschen und den höheren Geschöpfen sehr mannigfache sind, und dass nach und nach der Gestalt und chemischen Zusammensetzung nach sehr verschiedenartige Elemente aus den einfachen überall wesentlich gleichbeschaffenen ersten Bildungen sich entwickeln.

Fassen wir die Elemente der ausgebildeten Geschöpfe etwas näher ins Auge, so finden wir, dass dieselben der Form nach wesentlich in zwei Gruppen zerfallen, die man als einfachere und umgewandelte Zellenformen bezeichnen kann. Die einfachen Zellen kommen in der Gestalt den embryonalen Elementen gleich oder weichen wenigstens nicht erheblich von denselben ab. Ein Theil derselben, von denen manche die Natur der embryonalen *Protoblasten* bewahren, besitzt einen Inhalt, der von dem typischen *Protoplasma* nicht abweicht (farblose Blutzellen, Lymphzellen, Zellen der follikulären Drüsen, viele Drüsen- und Epithelzellen), ein anderer Theil dagegen ist im Inhalt eigenthümlich und zeigt statt des *Protoplasma* in grösserer oder geringerer Menge besondere Zellflüssigkeiten, wie die Fettzellen, Blutzellen, viele Drüsen- und gewisse Epithelzellen. — Umgewandelte oder metamorphosirte Zellen sind die Schüppchen der Horngebilde, die verschiedenen Faserzellen (Muskelfasern, Linsenfasern, Zahnfasern, Bindegewebskörperchen z. Th.), die stern-

förmigen Zellen aller Art (Bindegewebskörperchen, Knochenzellen, Nervenzellen, sternförmige Muskelzellen) und wenn man die vergleichende Gewebelehre herbeiziehen will, besondere Bildungen, wie die einzelligen Drüsen höherer und niederer Thiere, die Schüppchen der Insekten u. a. m. Auch diese Elemente enthalten übrigens z. Th. gewöhnliches *Protoplasma*, z. Th. eigenthümliche Stoffe oder entbehren endlich eines Inhaltes ganz und gar.

Unter den umgewandelten Zellen sind die eigenthümlichsten die, welche untereinander verschmolzen sind (Zellennetze im Schmelzorgane, Netze vieler Bindegewebskörperchen, Pigmentzellen, Zahnfasern, Knochenzellen und Muskelzellen [Herzen und Haut niederer Thiere], anastomosirende Nervenzellen) und glaubte ich früher diese als höhere Elementartheile bezeichnen zu sollen. Da jedoch in allen diesen Fällen die kernhaltigen Körper der verschmolzenen Zellen deutlich zu erkennen sind und die Zellen selbst physiologisch selbständige Einheiten darstellen, so reihe ich jetzt diese Formen einfach den umgewandelten Zellen an.

Mit der Aufstellung der zwei eben geschilderten Zellenarten soll natürlich nicht gesagt sein, dass die Zellen der Form nach in zwei gut getrennte Gruppen sich scheiden. Ebensowenig ist dies mit Bezug auf die chemischen Verhältnisse und die Funktionen der Fall und ist es daher gar nicht möglich, die Zellen scharf in bestimmte Arten zu sondern. Wollte man eine Eintheilung derselben unternehmen, so würde ich vorschlagen, dieselben nach den Geweben zu ordnen und zu unterscheiden:

1. Zellen des Zellengewebes (Epithel- und Hornzellen, Drüsen- und Drüsensaftzellen). 2. Zellen der Bindesubstanz (Zellen der einfachen Bindesubstanz, Bindegewebskörperchen und Zellen der interstitiellen Säfte der Bindesubstanz). 3. Zellen des Muskelgewebes und 4. Zellen des Nervengewebes.

Untersuchung der Elementartheile. Da in Betreff der Untersuchung der verschiedenen Elementartheile in den späteren Paragraphen das Nöthige angegeben ist, so beschränke ich mich hier auf Folgendes:

Grosse zellige Elemente, die zum Studium von *Protoplasma* und Kern sich eignen, bieten vor allem die Arthropoden und empfehlen sich in erster Linie die Speichel- und Spinndrüsen und die *Malpighi*'schen Gefässe der Raupen, dann die Darmepithelien der Insekten, die Nervenzellen der Mollusken. Ferner die Eier und die Epithelzellen der Amphibien.

Zum Nachweise der Netze in Zellen empfehle ich in erster Linie die sogenannten *Leydig*'schen Zellen der Epidermis von *Salamandra* und *Siredon*, die in $^1/_3$ Alkohol leicht sich isoliren und von denen die letzteren frisch untersucht ganz und gar mit runden, ziemlich dunkeln Körnchen gefüllt sind. In Salzsäure von 1 % quellen die genannten Zellen beider Geschöpfe auf, die Körner erblassen und lösen sich und kommt in jeder ein inneres Netz zum Vorschein (Fig. 47), welches zwischen der Membran und dem Kern ausgespannt ist und häufig auch schon bei Behandlung mit Kochsalz von $^1/_2$—$^1/_8$ % durch schöne Vacuolen angedeutet ist (S. *Carierre* und *Paulicki* im Mikr. Arch., Bd. 24). Ausser diesem inneren Netze besitzen diese Zellen auch das längst bekannte oberflächliche, bei *Siredon* grobe, bei *Salamandra* zarte, schon in dünnem Kochsalz deutliche *Langerhans*'sche Netz, das meiner Meinung nach in der Membran oder an der Innenfläche derselben seine Lage hat und mit dem inneren Netze verbunden ist. Beiderlei Netze lösen sich in *Kali causticum* und bestehen wahrscheinlich aus *Plastin*. Aehnliche Netze bringt Osmiumsäure und Salzsäure von 1 % im Innern der grossen Becherzellen der Eileiterdrüsen von *Rana* zum Vorschein, die von dem an der Wand festsitzen-

den Kerne ausgehend das Innere der Zellen durchziehen und in ihren Maschen blasse, rundliche, weiche Körner enthalten, die in Wasser und verdünnten Säuren um das Vielfache aufquellen und den Stoff für die Bildung der Gallerthüllen der Eier liefern. Ausserdem bieten die grossen Epithelzellen der Kieferwälle von Rindsembryonen nach Behandlung mit Chromsäure von 1 % oder *Müller*'scher Flüssigkeit äusserst zierliche, innere Zellennetze dar, ebenso die Talgdrüsenzellen nach Einwirkung von Alkohol.

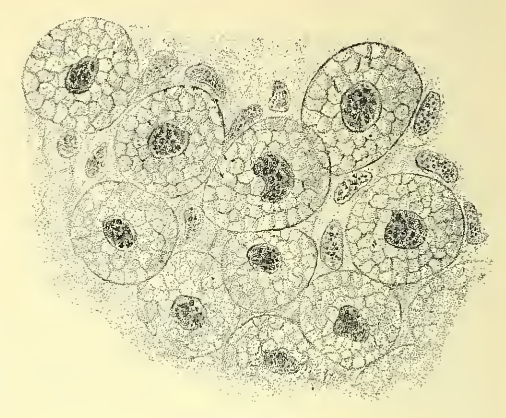


Fig. 47.

Zum Studium der Mitosen wähle man die klassischen Objekte, die Epithelzellen der äusseren Haut, der Hornhaut, der Kiemen von Salamander-, Tritonen- und *Axolotl*-Larven, Fixirung in Chromosmiumessigsäure oder Chromessigsäure nach *Flemming*, in konz. Pikrinsäure, Chromameisensäure (4 bis 5 Tropfen konz. Ameisensäure auf 200 gr Chromsäure von 1/3 %) oder Platinchlorid (1/3 %) nach *Rabl* (Morph. Jahrb. X, S. 216), Färbung in Alaunkarmin oder Boraxkarmin, in Hämatoxylin oder in Hämatoxylin mit nachheriger Saffraninfärbung (*Rabl*). Neuerdings empfiehlt *Rabl* Fixiren der Larven in 1/8—1/10 Platinchlorid, nach 24 Stunden Auswaschen in Wasser und langsame Erhärtung in Alkohol. Hierauf Ausschneiden der zu untersuchenden Theile, Färbung in *Delafield*'schem Hämatoxylin oder *Czokor*'schem Cochenille-Alaun und Untersuchung in Methylalkohol, der sich durch sein geringes Lichtbrechungsvermögen auszeichnet, so dass die achromatischen Theile deutlich vortreten; doch gehen die Präparate nach einigen Tagen zu Grunde.

Von anderen Objekten empfehle ich vor Allem Serienschnitte von Eiern des *Siredon* aus den ersten Furchungsstadien, die mit Chromessigsäure und Boraxkarmin prachtvolle Bilder der achromatischen Elemente geben und auch die Segmente gut erkennen lassen, ferner die Muskelfasern von *Siredon*larven auf Längsschnitten, die die chromatischen Figuren schön zeigen, endlich die Samenbildungszellen von Amphibien.

Flimmerung untersucht man am besten an den grossen Wimpern der Kiemen von Muscheln in Wasser.

Zur Untersuchung der Kerne wähle man vor allem diejenigen der Oberhautzellen des Schwanzes von Amphibienlarven (*Pelobates, Triton, Salamandra, Siredon*), dann die sogenannten Riesenkerne (*Klein*) der Hautfettdrüsen von *Triton* und *Salamandra*, ferner die Keimbläschen durchsichtiger Eier von Amphibien und untersuche dieselben bei lebenden Thieren oder ganz frisch ohne Zusätze, in welchem Falle die Kernnetze oft sehr deutlich zur Anschauung kommen. Dasselbe gilt von den Kernen der Knorpelzellen von Amphibien. Den natürlichen Zustand der Kerne zeigen auch dünne Kochsalzlösungen (1/8—1/4 %), *Humor vitreus*, Krebsblut, Amnionflüssigkeit. In vielen Fällen, namentlich bei Embryonen von Säugern, erscheinen unter diesen Verhältnissen die Kerne auch ganz homogen, meist mit sehr deutlichem, aber blassem *Nucleolus*, aus welchem Zustande dieselben durch Zusatz entsprechend verdünnter Säuren (Chromsäure, Pikrinsäure, Essigsäure) in einen andern übergehen, in welchem die inneren Strukturen mehr weniger deutlich erkennbar sind. Wendet man solche Reagentien konzentrirter an, so schrumpfen und verbiegen sich die Kerne in mannigfacher Weise. Zur Färbung des *Chromatins* dienen Karmin, Hämatoxylin, Saffranin, Methylgrün.

Fig. 47. *Plastin*-Netze der *Leydig*'schen Zellen der Oberhaut eines Salamanderembryo mit Salzsäure von 1 % dargestellt. Starke Vergr.

Litteratur der Elementartheile. Ausser *Schwann's* oben citirtem Werke sind zu nennen: *Kölliker*, Entw. d. Cephalopoden, 1844, S. 111—160 und die Lehre von der thierischen Zelle in Zeitschr. f. wiss. Botanik, Heft II, 1845, ferner Würzb. Verh., Bd. VIII; *Remak* in *Müll.* Arch., 1852 und Unters. z. Entw. der Wirbelthiere, 3. Lief., 1855, S. 161—179; *Huxley* on the Cell theory in Med.-Chir. Review, 1853 Oct.; *M. Schultze*, Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe in *Müll.* Arch., 1861; *L. Beale*, on the structure and growth of the tissues of the human body. London. 1861, Churchill, deutsch, Leipzig, 1862 durch *V. Carus*; *Brücke*, Die Elementarorganismen, Wien. Sitzungsber., 1861, Bd. 44, S. 381.

Von Bedeutung sind ferner die meisten embryologischen Untersuchungen, von denen von *Reichert*, *Bischoff*, *C. Vogt* und *mir* an, dann die neueren, vergleichend-histologischen Arbeiten beginnend mit denen von *H. Meckel*, *Leydig*, *M. Schultze* und *mir*. Besonders namhaft mache ich: *Auerbach, L.*, Organologische Studien, 1.—3. Heft, 1873/74 (Kerne und Kernkörperchen); *C. Kupffer*, Ueber Differ. des *Protoplasma* in thier. Zellen, 1875; *Eimer*, im Mikr. Arch., Bd. VIII, XIV; *Miescher*, Die Spermatozoen d. Wirbelthiere in Basler Verh., 1874 und in Med. chem. Unters. v. *Hoppe-Seyler*, III, S. 441 (*Nuclein*); *C. Frommann's* zahlreiche Arbeiten in der Jenaischen Zeitschr.; *Heitzmann*, Unters. über d. *Protoplasma*, Wien. Sitzungsbericht, 1873; *R. Hertwig*, im Morph. Jahrbuch, 1876 (Kernformen); *E. v. Beneden*, Rech. s. l. Dicyemides, Bull de l'Acad. belge, 1876; *E. Klein*, im Quart. Journ. of micr. sc. 1878 (cells and nuclei); *Rauber*, Neue Grundlegungen zur Kenntniss der Zelle, Morph. Jahrb. 1882; *S. Stricker*, in Wiener Ber. 1877, Bd. 76, den Wien. Med. Jahrb., 1881 und Vorles. über Pathol. 1877/78; *v. Ebner*, Ueber d. Ursachen der Anisotropie org. Subst. 1882; *Flemming*, Zellsubstanz, Kern- und Zelltheilung, 1882. *v. Leydig*, Untersuch. z. Anat. u. Histol., 1883, und Zelle und Gewebe, 1885. *Carnoy*, la Cellule Tom I, II, III. *Brass, A.*, Biolog. Studien I, II, 1883/84. — Die Mitose oder Karyokinese ist besonders besprochen in dem ebengenannten Werke von *Flemming*, auf welches für die gesammte Litteratur bis zum Jahre 1882 verwiesen wird, ferner bei *Carnoy*, la Cellule I u. III. Ausserdem sind von Wichtigkeit viele Arbeiten von *Strasburger*, bes. Zellbildung und Zellentheilung, 3. Aufl. 1880 und Ueber Kern- und Zelltheilung, 1888, *Roux*, Bedeutung der Kerntheilungsfiguren, 1883. *E. v. Beneden*, Rech. s. la maturation de l'oeuf, la fécondation et la division cellulaire (Asc. megalocephala) 1883; derselbe und *v. Neyt*, Nouvelles recherches s. l. fécond. de l'Ascaris megalocephala, 1887. *C. Rabl*, im Morph. Jahrbuch 1885 und Anat. Anz., 1888. *J. Arnold*, in *Virchow's* Archiv, Bd. 93, 95, 97 u. Arch. f. Mikr. Anat., Bd. 30 u. 31. *Th. Boveri*, Zellenstudien, I, II, 1887/88, dann die Arbeiten von *O. Zacharias*, *Pfitzner*, *Mark*, *Mayzel*, *Platner* u. v. A., die alle in dem zusammenfassenden Berichte von *Waldeyer* (Mikr. Arch. 1888) aufgeführt sind. — Da die Lehre von der Pflanzenzelle auch für den Zoologen wichtig ist, so mache ich auch auf *Schleiden's* erste Abhandl. über die Bildung der Pflanzenzelle in *Müll.* Arch. 1837, aufmerksam, ferner auf dessen Grundzüge d. Botanik, *Nägeli's* Arbeit über d. Pflanzenzelle i. Zeitschr. f. wiss. Botanik, Heft II, *Mohl's* Monographie d. Gegenst. im Handw. d. Physiol. von *R. Wagner*, Art. „vegetab. Zelle", sowie auf die neuesten botanischen Lehrbücher und Monographien vor allem von *C. v. Nägeli*, *Sachs*, *de Bary*, *Strasburger*, *Pringsheim*, *Hofmeister*, *Pfeffer*, *E. Zacharias*, *Berthold*, *Dippel*, *E. Heuser*, *G. Klebs*, *Fr. Schwarz* u. A. — Ueber die Bewegungen der Zellen vergl. man bes. *M. Schultze*, Das *Protoplasma* der Rhizopoden und Pflanzenzellen 1863 und Arch. für mikr. Anatomie I. St. 1; *v. Recklinghausen*, in *Virch.* Arch., Bd. 28, St. 157; *W. Kühne*, Unt. ü. d. *Protoplasma* und die Kontraktilität 1864; *W. Preyer*, in *Virch.* Arch. Bd. 30, St. 417 und *A. Böttcher* in *Virch.* Arch. Bd. 35, St. 120; *N. Lieberkühn*, Ueb. Bewegungserscheinungen der Zellen, 1870; *W. Engelmann*, Physiologie des *Protoplasma* und Flimmerbewegung in *Hermanns* Physiologie 1879.

II. Von den Geweben, Organen und Systemen.

§ 22.

Die Elementartheile einfacher und höherer Art sind nicht regellos im Körper zerstreut, sondern nach bestimmten Gesetzen zu den sogenannten Geweben und Organen vereint. Mit dem ersten Namen bezeichnet man jede gesetzmässige, in gleichen Theilen immer in derselben Weise wiederkehrende Anordnung der Elementartheile, mit dem eines Organes dagegen eine gewisse Zahl von Elementartheilen von bestimmter Form und Verrichtung. Vereinen sich mehrere oder viele Organe gleicher oder verschiedener Art zu einer höheren Einheit, so heisst dies ein System.

Eine gute Eintheilung der Gewebe ist eine schwierige Sache. Berücksichtigt man nur die Verhältnisse, wie sie im erwachsenen Organismus sich finden, so lässt sich zwar leicht eine allmählich aufsteigende Reihe von einfacheren bis zu immer verwickelteren Bildungen aufstellen, allein es werden auf diese Weise Bildungen, die in einem nahen Zusammenhange zu einander stehen, auseinander gerissen und umgekehrt. Bessere Ergebnisse erlangt man, wenn man neben der ausgebildeten Form auch noch die Entwickelung und die chemischen und physiologischen Verhältnisse berücksichtigt, und lässt sich von diesem Standpunkte aus folgende Reihe bilden:

I. Oberhautgewebe.
II. Gewebe der Bindesubstanz:
  Einfache Bindesubstanz,
  Knorpelgewebe,
  Faserige Bindesubstanz (Bindegewebe und elastisches Gewebe),
  Knochengewebe und Zahnbein.
III. Muskelgewebe:
  Gewebe der glatten Muskeln,
  Gewebe der quergestreiften Muskeln.
IV. Nervengewebe.

Eine Eintheilung der Organe ist noch misslicher als eine solche der Gewebe. Nur zwei Gewebe, das Zellengewebe und die Bindesubstanz, bilden für sich allein Organe einfacher Art; in allen höheren Organen dagegen sind alle Gewebe, ja selbst einfache und zusammengesetzte Organe, vertreten, so jedoch, dass meist das eine oder andere Gewebe das Uebergewicht hat, was bei einer Eintheilung berücksichtigt werden kann.

Diesem zufolge unterscheide ich:

A. Einfache Organe.
  I. Organe des Oberhautgewebes:
    Oberhäute, Haare, Nägel, Linse.
    Einfache Drüsen ohne Bindegewebshülle.
  II. Organe der Bindesubstanz:
    Glaskörper,
    Chorda dorsalis, gefässlose Knorpel, elastische Knorpel,
    Sehnen, Bänder, Fascien etc.

B. Zusammengesetzte Organe.

III. Organe mit Vorwiegen des Zellengewebes:
Grössere echte Drüsen.

IV. Organe mit Vorwiegen der Bindesubstanz:
Gefässhaltige Bindegewebshäute (äussere Haut, Schleimhäute, seröse Häute, eigentliche Gefässhäute),
Knochen, Zähne,
Gefässe,
Blutgefässdrüsen.

V. Organe mit Vorwiegen des Muskelgewebes:
Glatte und quergestreifte Muskeln.

VI. Organe mit Vorwiegen des Nervengewebes:
Ganglien, Nerven, Hirn, Mark.

VII. Organe, in denen alle Gewebe vertreten sind:
Die einzelnen Organe des Darmes, der Geschlechtsorgane und der grösseren Drüsen,
Höhere Sinnesorgane.

Die Organe treten endlich noch zu besonderen Systemen zusammen, deren sich folgende unterscheiden lassen:

1. Das System der äusseren Haut, bestehend aus der Lederhaut, der Oberhaut, den Horngebilden und den grösseren (Milchdrüse) und kleineren Drüsen der Haut.
2. Das Knochensystem mit den Knochen, Knorpeln, Bändern und Gelenkkapseln.
3. Das Muskelsystem mit den Muskeln des Stammes und der Extremitäten, den Sehnen, Fascien, Sehnenbändern und Schleimbeuteln.
4. Das Nervensystem mit den grossen und kleinen Centralorganen, den Nerven und höheren Sinnesorganen.
5. Das Darmsystem mit dem Darmkanal, den Speicheldrüsen, der Schilddrüse, der Leber, der Bauchspeicheldrüse und den Athmungsorganen.
6. Das Gefässsystem mit dem Herzen, den Blut- und Lymphgefässen, sowie den Lymphdrüsen, der *Thymus* und der Milz.
7. Das Harn- und Geschlechtssystem.

Da die einzelnen Organe und Systeme im besonderen Theile eine ausführliche Besprechung finden, so braucht hier nicht ausführlicher auf dieselben eingegangen zu werden und ist daher nur noch übrig, die Gewebe selbst näher zu schildern, wobei zugleich auch noch einiges Allgemeine über die Organe am passendsten sich anschliessen wird.

Die Definition von Gewebe und Organ, welche ich in der ersten Auflage dieses Werkes (1852) aufgestellt und welche zugleich die erste derartige ist, hat verschiedene Anfechtungen zu erleiden gehabt und zu mehrfachen Missverständnissen geführt und ist doch durch keine bessere ersetzt worden. Um allen Weiterungen ein Ende zu machen, betone ich, was übrigens selbstverständlich ist, dass der Begriff Gewebe auf den Bau (die Struktur), der Begriff Organ einzig und allein auf die Form sich bezieht. Ein Gewebe kann sehr verwickelt gebaut sein, vielerlei Elementartheile und selbst einfache Organe, wie Gefässe, Nerven, einschliessen, ohne zu einem Organ zu

werden. Jedes Stückchen eines *Biceps* enthält Muskelfasern, Bindegewebe, Gefässe, Nerven, ohne deswegen ein Muskel zu sein; wohl aber hat dasselbe einen besonderen Bau, der sich in jedem Theilchen in derselben Weise wiederholt.

Die von *Leydig* und *mir* aufgestellten 4 Gewebe fasst *His* in zwei Haupt-Abtheilungen zusammen: archiblastische — Nervengewebe, Muskelgewebe, Oberhaut- und Drüsengewebe und parablastische — alle Gewebe der Bindesubstanz mit Inbegriff der Gewebe, die die Gefässe bilden und des Blutes. Diese Zusammenstellung gründet sich auf die Hypothese des Vorkommens eines Haupt- und Nebenkeimes, *Archiblasten* und *Parablasten* beim Hühnchen, die keine Anhänger gefunden hat und die wohl kaum als stichhaltig bezeichnet werden kann. Wenn *Waldeyer* (Mikr. Arch. Bd. 22) und *Rauber* (Ber. d. naturf. Ges. in Leipzig 1883), die in dieser Beziehung mit mir übereinstimmen und nur Einen Keim annehmen, nichtsdestoweniger für die Gewebe der Bindesubstanzen ein besonderes Primitivorgan aufstellen (*Parablast*, *Waldeyer*; *Desmoblast*, *Rauber*), so kann ich auch hiermit mich nicht einverstanden erklären. Nach meinen eigenen älteren und *Rabl's* neueren Erfahrungen giebt es kein solches Primitivorgan und sind die Namen archiblastische und parablastische Gewebe im Sinne von *His* und von *Waldeyer* ganz zu streichen, was ich besonders betone, da von verschiedenen Seiten die Neigung obwaltet, dieselben in die normale und pathologische Gewebelehre einzubürgern. Wollte man einfach die Gewebe der Bindesubstanz ihrer grossen Verbreitung halber und weil sie die Gefässe tragen, den anderen Geweben gegenüberstellen, so wäre ja, obschon eine Nöthigung zu einer solchen Scheidung nicht vorliegt, hiergegen nichts einzuwenden, nur dürfte dann der Name Stützgewebe passender sein als jeder andere.

Jede Eintheilung der Gewebe ist eine künstliche, wie am besten die Erwägung lehrt, dass bei den höheren Geschöpfen alle Zellenformen aus den ursprünglich ganz gleichartigen Embryonalzellen sich hervorbilden und dass die phylogenetische Entwickelung der Gewebe zeigt, dass dieselben in erster Linie von der einfachen Protistenzelle abstammen, die noch alle Funktionen in sich vereint und in zweiter Linie von den Elementen der zwei Epithelialblätter, die die einfachsten Metazoen zusammensetzen. Haben so die verschiedenen Zellenformen in der Thierreihe und beim einzelnen Geschöpfe einen gemeinsamen Ausgangspunkt, so ist die Frage berechtigt. in wie weit dieselben auch später solche Beziehungen bewahren, mit anderen Worten, ob bestimmte Zellenformen in andere sich umzubilden fähig sind. Sicher ist, dass in den embryonalen Keimblättern und im Ektoderm und Entoderm der niederen Metazoen die Elemente noch nicht so eigen organisirt sind, dass nicht verschiedene und z. Th. übereinstimmende Gewebselemente aus jedem derselben hervorgehen könnten, aus welchem Grunde auch eine Eintheilung der Gewebe nach ihren Beziehungen zu den Keimblättern unmöglich ist. Später treten dann allerdings bestimmte Scheidungen ein und scheint das Muskelgewebe und Nervengewebe keine anderen Gewebsformen mehr liefern zu können, wogegen die Gewebe der Bindesubstanzen und Oberhäute eine tiefere Stufe einnehmen und die Möglichkeit nicht abgewiesen werden kann, dass gewisse, den embryonalen Elementen noch nahe stehende Zellen dieser beiden Gewebe auch noch beim Erwachsenen die Fähigkeit besitzen, in andere abweichende Elementarformen überzugehen. Für Weiteres verweise ich auf *Cohnheim's* allgemeine Pathologie, *v. Recklinghausen*, Allgem. Pathol. des Kreislaufes und der Ernährung, 1883, Kap. X und XI, *Marchand*, Beitr. z. patholog. Anat., Bd. IV, Ueber Einheilung von Fremdkörpern, meine *Icones histologicac* II, S. 87 bis 92 und die Entwickelung der Keimblätter des Kaninchens S. 39—48, sowie auf meinen Aufsatz, Ueber die Beziehungen der Keimblätter zu den Geweben in Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 40, und beschränke mich hier auf folgende Bemerkungen:

1. Eine Entstehung von Muskel- und Nervenfasern in der nachembryonalen Zeit aus lymphoiden Zellen oder Bindegewebskörperchen ist nicht nachgewiesen.
2. Epithelien und Epidermis regeneriren sich nur von den benachbarten gleichartigen Geweben aus und entstehen niemals aus lymphoiden Zellen.
3. Aus den Epithelien der Lungenalveolen und der *Malpighi*'schen Körperchen der Nieren kann durch Wucherungen Bindegewebe entstehen (*v. Recklinghausen*, S. *Lindermann's* Diss. über chron. Pneumonie, Strassburg 1888).
4. Bindegewebe in Thromben, Blutergüssen, Exsudaten entsteht vom Gefässendothel oder von typischen Bindegewebszellen aus.

5. Die Frage, in wie weit Endothelien, fixe Bindegewebszellen und lymphoide Zellen verwandt sind und in pathologischen Fällen in einander sich umbilden können, ist eine noch offene. Bei den Carcinomen muss es nach der Ansicht von *v. Recklinghausen* aufrecht erhalten bleiben, dass ihre „Epithelzellen" aus Endothelien entstehen können, ob auch aus Wanderzellen ist zweifelhaft.

I. Oberhautgewebe.

§ 23.

Allgemeines. Das Oberhautgewebe, der Hauptbestandtheil der Oberhäute, Drüsen und Horngebilde des Körpers besteht wesentlich aus Zellen, die durch eine geringe Menge einer Kittsubstanz untereinander verbunden sind und keine anderweitigen fremdartigen Elemente zwischen sich enthalten mit Ausnahme von Nervenendigungen, die in den Oberhäuten und gewissen Sinnesorganen vorkommen und von zufällig oder typisch eingewanderten farblosen und gefärbten Bindesubstanzzellen und von lymphoiden Zellen. Ausserdem ist in diesem Gewebe eine verbreitete Erscheinung das Vorkommen von Extracellularsubstanzen, welche als Ausscheidungen seiner Zellen anzusehen sind und als *Cuticulae* die freien Oberflächen derselben bekleiden, oder als *Membranae propriae* (*Basement membranes*) die angewachsenen Stellen derselben begrenzen. Dasselbe entwickelt sich vor Allem aus den epithelialen Blättern des Keimes und bedeckt die äussere und innere Oberfläche des Körpers, kann aber auch aus dem mittleren Keimblatte sich hervorbilden als Auskleidung der in diesem entstehenden Drüsen des Urogenitalsystems und der echten serösen Säcke. Physiologisch dient dieses Gewebe theils vegetativen Zwecken (Drüsenzellen, viele Oberhautzellen) theils vollzieht dasselbe mechanische Leistungen als Deck- und Stützgewebe (verhornte Oberhaut, Haare, Federn, Schuppen, Nägel, Kutikularbildungen) und selbst als Waffe (Hornzähne, Krallen, Hörner). Eine besondere Leistung dieses Gewebes ist die Erzeugung der Geschlechtszellen (Eier und Samenzellen) und eines lichtbrechenden Organes im Auge, der Linse.

Zum Oberhautgewebe rechnete man früher auch die sogenannten Epithelien der Blutgefässe, der serösen Säcke und der kleineren interstitiellen Hohlräume (Gelenkkapseln, Schleimbeutel, vordere Augenkammer, äussere Räume im Ohrlabyrinth, Subdural- und Subarachnoidealraum u. a. m.). Hierauf machte dann *Rindfleisch* auf die bedeutenden genetischen, anatomischen und physiologischen Unterschiede der Epithelien der serösen Häute einerseits und der Epidermis und der Schleimhautoberhäute andererseits aufmerksam (*Virch.* Arch. Bd. 23, 1862) und nannte die ersteren ohne Weiteres plattgedrückte Bindegewebszellen, welcher Auffassung ich für die Wandungen der Gefässkapillaren und Tracheen mich anschloss und dieselben zur einfachen zelligen Bindesubstanz brachte (*Icones histiolog.* II, S. 97). Im Jahre 1865 endlich besprach *W. His* in einem trefflichen Programme (Die Häute und Höhlen des Körpers) diese Verhältnisse ausführlich und stellte die zelligen Auskleidungen aller Zwischenräume des Körpers, die nicht aus den beiden epithelialen Blättern des Keimes entstehen, als unechte Epithelien oder Endothelien, den anderen gegenüber.

Diese Anschauungen schienen mir früher vollkommen zutreffend zu sein, nun muss ich aber in Folge der neuen Erfahrungen über die Entwickelung der Leibeshöhle oder des Coeloms und der Urogenitalorgane, die Auskleidungen der echten serösen Säcke von den unechten Epithelien trennen und den Oberhäuten anschliessen und zwar aus folgenden Gründen.

Erstens ist die Auskleidung des Coeloms bei den niedersten Wirbelthieren ein Abkömmling des inneren Keimblattes.

Zweitens. Bei den höheren Wirbelthieren, bei denen das Coelomepithel unzweifelhaft auf das mittlere Keimblatt zurückzuführen ist, stimmt dasselbe doch in vielen Beziehungen mit gewöhnlichem Epithel überein und können seine Elemente z. B. eine cylindrische Gestalt annehmen (Keimepithel) oder Wimpern tragen [Bauchhöhle weiblicher Frösche, Rochen (*Valentin*) und Salmoniden (*Vogt*)].

Drittens endlich entstehen unzweifelhaft aus dem Bauchhöhlenepithel echte Drüsen und zwar a) Theile der *Wolff*'schen Gänge, b) die Vorniere und der *Wolff*'sche Körper, c) die Eier und Eisäckchen, d) die *Müller*'schen Gänge.

Erscheint es so als gerechtfertigt, die Auskleidung der serösen Höhlen zu den Oberhäuten zu stellen und auch dem mittleren Keimblatte das Vermögen zuzuschreiben, dieses Gewebe zu erzeugen, so muss doch auf der anderen Seite den übrigen epithelähnlichen Bildungen des mittleren Keimblattes eine besondere Stellung eingeräumt werden und dies um so mehr, als wir durch die umfassenden Untersuchungen von *Axel Key* und *G. Retzius* erfahren haben, wie häufig auch kleine Spalten und Lücken im Bindegewebe von epithelartigen Lagen ausgekleidet sind. Alle diese Bildungen rechne ich, wie früher, zur Bindesubstanz, doch muss ich auch jetzt wieder betonen, dass bei vielen Geweben mittlere oder Uebergangsgebiete vorkommen, die scharfe Trennungen unmöglich machen, in welcher Beziehung ich auf meine im § 22 citirten Arbeiten verweise.

§ 24.

Die Elemente des Oberhautgewebes sondern sich in zwei Hauptarten, erstens in die eigentlichen Oberhautzellen und zweitens in typisch diesem Gewebe angehörende, von aussen eingewachsene Elemente, die wieder in Nervenendigungen und Bindegewebszellen zerfallen. Ausserdem kann dieses Gewebe zufällig eingewanderte lymphoide Zellen enthalten.

Die eigentlichen Oberhautzellen sind von Hause aus alle saftige, vegetative Zellen, welche zum Theil, wie die tiefsten Zellen aller geschichteten Oberhäute und gewisse Drüsenzellen (Samenzellen, Eier), noch echtes *Protoplasma* enthalten, zum Theil eigenthümliche Substanzen, wie Schleimstoff, Fett, Fermentkörper, Bestandtheile der Drüsensekrete überhaupt, in sich führen, welche im Laufe der Entwickelung in Folge des Stoffwechsels aus demselben entstanden sind. In manchen Fällen nun bleiben die Zellen zeitlebens in diesem Zustande (einfache Epithelien, viele Drüsen), in anderen geht eine dieses Gewebe besonders bezeichnende Veränderung mit denselben vor, die man als Verhornung bezeichnet. Dieselbe beruht darauf, dass der Inhalt nach und nach schwindet, z. Th. auch sammt der Membran in eine besondere Substanz, den sogenannten Hornstoff, *Keratin*, sich umwandelt, während zugleich die Zellen meist sich abplatten und zu Schüppchen sich gestalten, auch wohl, wenn schon selten, zu besonderen Fasergebilden sich umbilden, wie bei den Cortischen Fasern des Gehörorganes. In vielen Fällen lassen sich die Oberhautschüppchen durch Reagentien noch als mit etwas Inhalt versehene Bläschen nachweisen, wogegen in den äussersten Fällen Kern und Inhalt ganz schwindet und die Zellen zu einfachen, gleichartigen, harten Plättchen sich umwandeln, die keine weitere Zusammensetzung mehr zeigen (Oberhäutchen und innere Wurzelscheide der Haare, kernlose Epithelplatten der Lungenalveolen).

Eine besondere Umwandlung erleiden viele Oberhautzellen, die besondere Stoffe in sich erzeugen, indem sie in den einen Fällen dieselben durch vorüber-

gehend entstehende Oeffnungen nach aussen entleeren, wie die sogenannten Becherzellen, in andere ihre Produkte dadurch frei geben, dass sie selbst vergehen (fettabsondernde Drüsen, Samenzellen u. a.). Erhalten sich die vorhin erwähnten Oeffnungen längere Zeit, so nehmen solche Zellen die Natur einfachster Drüsen an (Fig. 63), wie sie bei niederen Wirbelthieren (bei *Protopterus*, Würzb. naturw. Zeitschr. I, S. 12) und Insekten sich finden.

Die Gestalt anlangend, so finden sich fast alle Zellenformen bei dem Oberhautgewebe verwirklicht. Die verbreitetste Form ist die rundlicher oder länglicher Gebilde, an denen durch den Druck der benachbarten Elemente Flächen und Kanten sich ausprägen, so dass dieselben die Gestalt kurzer oder längerer Prismen oder Pyramiden erhalten, welche die Namen Pflaster-, Cylinder- und Kegelzellen erhalten haben. Sind die Zellen stark abgeplattet, so stellen sie Schüppchen dar, welche häufig auch noch polygonale Flächen besitzen. Andere sind an dem einen Ende abgerundet und stecken in Gruben benachbarter Elemente, noch andere sind an einem oder beiden Enden zugespitzt, oft fadenförmig verlängert und selbst leicht ästig. Die auffallendsten Formen sind die sternförmigen Zellen im Schmelzorgane und in den Eisäckchen des Barsches, die stabförmigen Cortischen Fasern, die langen, schmalen Spindeln der Rindensubstanz der Haare und die mehrere mm langen prismatischen Faserzellen in der Linse.

Alle einfacheren Formen von Oberhautzellen können bewegliche Cilien tragen und heissen dann Flimmer- oder Wimperzellen.

Bezüglich auf den Bau, so fehlt vielen Oberhautzellen eine Membran, andere selbst zarte Elemente, wie z. B. die Cylinderzellen des Darmes, besitzen eine solche, wie aus ihrem Aufquellen zu kugelrunden Blasen in Wasser leicht zu entnehmen ist, noch andere endlich zeigen eine feste Umhüllungsschicht, wie fast alle Epidermisschüppchen, die durch kaustische Alkalien und Säuren zu einem schönen Zellengewebe sich umwandeln. Oberhautzellen, die kompakte Gewebe bilden, hängen ferner an vielen Orten durch besondere Fortsätze zusammen, welche die einzelnen Elemente wie stachelig oder gerippt erscheinen lassen (sog. Stachel- oder Riffzellen), Gebilde, die Fortsätze des Zellen-*Protoplasma* zu sein scheinen und, wenn dem so wäre, an Zellen mit Membranen in Lücken dieser stecken müssten.

Der Inhalt der Oberhautzellen ist sowohl der Form als der chemischen Beschaffenheit nach sehr mannigfach. In ersterer Beziehung seien erwähnt die *Granula* von *Altmann* (S. oben § 7), *Eleidin*, Fetttröpfchen, (fettabsondernde Drüsen), Pigmentkörner, Körner aus Substanzen, die zu den Eiweisskörpern und den phosphorhaltigen Fetten zählen u. a. m., ferner ganz eigenthümliche oder specifische Gebilde, wie die Samenfäden, die Stäbchen in den Epidermiszellen von Froschlarven, die Fäden in den Oberhautzellen von Myxine, die Fasern in gewissen Zellen der Harnkanälchen und Speichelgänge. Viele Oberhautzellen zeigen auch noch Zusatz von Reagentien, ein schönes *Plastin*-Netz und mit *Hyaloplasma* erfüllte Maschenräume (Fig. 47, 51).

Die Kerne der Oberhautzellen haben im Allgemeinen nichts Besonderes an sich, seltene Vorkommnisse (Verästelungen, Ausbuchtungen u. s. w.) abgerechnet und finden sich gewöhnlich nur zu einem oder zweien. In Betreff der geformten Ausscheidungen des Oberhautgewebes verweise ich auf den

§ 5 und meine dort angeführte Abhandlung. Beim Menschen finden sich von solchen nur 1. die strukturlosen *Membranae propriae* von Drüsenelementen (Harnkanälchen, Samenkanälchen, Eisäckchen, Schweisskanäle u. s. w.), und *Basement membranes* von Oberhäuten (Linsenkapsel, *Membrana Demoursii*, Glaslamelle der Aderhaut), von denen übrigens noch nicht sicher feststeht, ob dieselben hierher gehören oder nicht, vielleicht alle oder wenigstens ein Theil derselben, als oberflächlichste Lage der umgebenden mesodermatischen Bindesubstanz anzusehen sind. 2. Der Zahnschmelz. 3. Die Verdickungen an den Basalflächen der Cylinderzellen des Dünndarmes und die starren Fortsätze an gewissen Zellen der höheren Sinnesorgane (Haarzellen der Geschmacksknospen, der Regio olfactoria, des Gehörorganes, Stäbchen der Netzhaut. 4. Die *Membrana Cortii* und die *Lamina reticularis cochleae*. 5. Die *Cuticula* der Schweissgänge.

Von den anderen typisch im Oberhautgewebe vorkommenden Elementen sind die Nervenendigungen die wichtigsten. Dieselben finden sich nach den bisherigen Erfahrungen mit Sicherheit in gewissen geschichteten Oberhäuten als feinste, zwischen den Oberhautzellen verlaufende verzweigte und frei endende Achsencylinder. Bei den höheren Sinnesorganen ist ein Eindringen von feinsten Nervenfäserchen in die betreffenden Oberhautbildungen ebenfalls an den meisten Orten nicht zu bezweifeln, dagegen die von Vielen behauptete Verbindung dieser mit gewissen Oberhautzellen, den sogenannten Sinnesendzellen, in manchen Beziehungen noch genauerer Untersuchungen bedürftig.

Andere typische Elemente des Oberhautgewebes sind farblose und pigmentirte verästelte Bindegewebszellen. Von letzteren ist mit Bestimmtheit anzunehmen, dass sie aus den tiefer gelegenen Mesodermschichten in die Oberhautlagen eingewandert und so zu regelrechten Bestandtheilen derselben geworden sind. Solche Zellen treiben dann ihre feinsten Ausläufer auch in die Oberhautzellen selbst hinein und geben denselben Farbstoffkörnchen ab, so dass dieselben ebenfalls zu Pigmentzellen werden (S. unten bei der Oberhaut). Ob die an manchen Orten in geschichteten Oberhäuten in wechselnder Menge vorkommenden ungefärbten, sternförmigen Bindegewebszellen (sog. *Langerhans*'sche Zellen) ebenfalls als typische Vorkommnisse anzusehen sind, steht dahin und ist nur so viel sicher, dass dieselben in pathologischen Fällen oft in grosser Anzahl zu finden sind.

Zufällige Bestandtheile von Oberhautgebilden sind lymphoide Zellen, welche, wie *Ph. Stöhr* vor Allen nachgewiesen hat, aus tiefer gelegenem Gewebe oft massenhaft in gewisse Oberhäute (Tonsillen etc.) eindringen und dieselben auch durchdringen.

Von den Lebenserscheinungen der Elemente des Oberhautgewebes betonen wir zuerst mit Rücksicht auf den Stoffwechsel derselben den grossen Unterschied, der zwischen den Oberhautzellen sich findet, die mechanischen Zwecken dienen und den andern, die der Absonderung und Aufsaugung vorstehen. Zu den ersteren zählen die verhornenden, in Schüppchen sich umbildenden Elemente der geschichteten Pflasterepithelien, der Epidermis, Nägel, Haare u. s. w., zu den letzteren die weich bleibenden Zellen aller Drüsen und einfachen Epithelien, in und durch welche die mannigfachsten chemischen Vorgänge sich abspielen. Auch Bewegungen finden sich an Oberhautzellen, vor Allem

an den Wimperepithelien, dann aber auch in der Form einfacherer Bewegungen an den Eiern gewisser Geschöpfe, an den Leberzellen des Kaninchens (*Leuckart*), an Samenzellen (*La Valette*), doch dürfen Formänderungen von solchen Elementen nicht ohne Weiteres auf Kontraktionen bezogen werden, indem nachgewiesen ist, dass auch mechanische Momente, wie der Druck von Seiten eines Sekretes, die Gestalt dieser Zellen zu ändern vermögen, so dass dieselben in den einen Fällen als abgeplattete, in den anderen als langgestreckte cylindrische oder pflasterförmige Gebilde erscheinen.

Die Elemente des Oberhautgewebes entwickeln sich aus allen 3 Keimblättern. Vom Ektoderm liefert erstens das Hornblatt die Epidermis, Haare, Nägel, die Linse, das Epithel der Nasen- und Mundhöhle, des Ohrlabyrinthes, alle Drüsen der Haut, die *Hypophysis* und einen Theil des *Wolff*'schen Ganges; zweitens die Medullarplatte das Ependym der Höhlen des centralen Nervensystems, das schwarze Augenpigment, die Stäbchenlage der Netzhaut.

Aus dem Entoderm entsteht das Epithel des Darmkanals und der Darmdrüsen einschliesslich der 3 Schilddrüsen und der Thymusanlage.

Aus dem Mesoderm endlich bildet sich hervor die Hauptmasse des *Wolff*'schen Ganges, die Vorniere, Urniere und bleibende Niere, der Eierstock und der Hoden, das Epithel aller echten serösen Säcke.

Einmal gebildet erhalten sich die Oberhautzellen oft lange Zeit scheinbar unverändert. Gehen dagegen solche Elemente zufällig oder typisch zu Grunde, so werden sie durch andere ersetzt und findet sich dann in solchen Fällen ein oft ungemein lebhafter, andere Male aber auch nur langsamer Vermehrungsprozess in den betreffenden Organen, wie bei allen Zellen erzeugenden Drüsen (Hoden, fettabsondernde Drüsen), den Epidermisbildungen und den geschichteten Epithelien, der durch wiederholte mitotische Zellentheilungen vermittelt wird.

Ich erwähne hier noch einige vergleichend-anatomische Thatsachen:

1. Bei Myxine entstehen in den Epithelialzellen der Schleimsäcke und, wie ich fand, auch in gewissen Zellen der Epidermis selbst sonderbare aufgewickelte Fäden, die die Zellen ganz erfüllen. Ebenso eigenthümlich sind kolbenförmige grosse Zellen in der Epidermis von *Ammocoetes* und *Petromyzon* (*M. Schultze* in *Müll.* Arch. 1861, *ich* in Würzb. nat. Zeitschr. I, *H. Müller* ebenda V; *Föttinger* in Arch. belges).

2. Von Kutikularbildungen mache ich namhaft: a) die verdickten porösen Säume der äussersten Epidermiszellen von *Petromyzon*, *Myxine* und *Protopterus* (*Leuckart*, *ich*), dann diejenigen der Zellen der Speicheldrüsen und *Malpighi*'schen Gefässe der Insekten (*Leydig*, *ich* [sogenannte Bürstenbesätze v. *Tornier*]); b) die kleinen Hornzähne der Batrachierlarven und die Schüppchen der Schmetterlingsflügel, die Ausscheidungen einzelner Zellen sind; c) der hornige Belag der Muskelmägen der Vögel, der vorzüglich aus von den Magendrüsen gebildeten Hornfäden besteht; d) die Panzer und hornigen Bedeckungen aller Gliederthiere; e) die Kiefer und Magenzähne der Mollusken.

§ 25.

Organe des Oberhautgewebes. Allgemeines. Die Anordnung der Elemente des Oberhautgewebes zu Organen geschieht in der mannigfachsten Weise, doch lassen sich im Allgemeinen drei Hauptformen derselben unterscheiden und dem entsprechend auch die Organe in drei Hauptgruppen: die Epithelien, die Drüsen und die Epidermisbildungen ordnen.

Das Oberhautgewebe stellt ursprünglich bei den Embryonen aus einer einzigen Zellenlage gebildete Häute dar, welche auf einer gefässhaltigen Mesodermlage ruhen. Von dieser Grundform, welche bei den einschichtigen Epithelien bleibend verwirklicht ist, leiten sich dann die anderen in folgender Weise ab. Vermehren sich alle Zellen der ursprünglichen Lage in einer auf der Unterlage senkrechten Richtung, so entstehen die geschichteten Epithelien und die Oberhaut, geschieht dagegen diese Vermehrung nur an bestimmten beschränkten Stellen, so bilden sich Wucherungen verschiedener Art, die, wenn sie aus zusammenhängenden Zellenmassen bestehen, je nach dem als Epithelfäden (an den *Papillae filiformes*) Warzen, Stacheln, Hörner, Schuppen, Nägel, Krallen, Klauen, Haare, Federn bezeichnet werden. Entwickeln sich dagegen in solchen Wucherungen, die nach der Mesodermseite gerichtet sind, später Höhlungen, die nach der entgegengesetzten Seite durchbrechen, so bildet sich eine Abtheilung von Drüsen, die man als Knospendrüsen bezeichnen kann, zu denen alle Hautdrüsen und die meisten Drüsen des Urogenitalapparates gehören.

Eine andere Entwickelungsreihe führt zu Gebilden, die von Hause aus Höhlungen enthalten. In diesem Falle wuchert die primitive Epithelialmembran an bestimmten begrenzten Stellen in der Richtung der Fläche und der Mesodermunterlage und bildet Hohlgebilde von der Form von offenen Schläuchen oder Säckchen. Das weitere Schicksal dieser ist nun wiederum verschieden. In vielen Fällen erhalten sich dieselben wie sie sind und stellen die einfachsten Formen einer zweiten Drüsenabtheilung dar, die Schlauchdrüsen heissen mögen (röhrenförmige Drüsen des Darmkanals, Uterindrüsen), oder dieselben treiben hohle Ausläufer in grösserer oder geringerer Zahl und gestalten sich zu reich verästelten Hohlgebilden (alle grösseren Darmdrüsen, die Lungen, Nieren, die kleinen Drüsen des Sexualapparates).

Ausser den angegebenen erleiden die primitiven offenen Säckchen noch manche andere Umgestaltungen. Dieselben können sich von der Epithelialmembran abschnüren und Hohlsprossen treiben (*Hypophysis cerebri*, Drüsenabschnitt) oder solide Knospen bilden, die in zweiter Linie hohl werden (Schilddrüse). In Einem besonderen Falle wuchert die eine Seite einer solchen abgeschnürten Blase zu einem besonderen Organe hervor (Linse im Auge). Oder es bleibt ein offenes Säckchen als solches bestehen, dehnt sich jedoch in der Fläche zu einer weitverzweigten Membran aus (Riechsäckchen). Endlich zeigt uns das Labyrinth des Ohres auch den Fall, dass eine offene Epithelblase sich schliesst und weiter wuchernd zu einer ausgedehnten Blasenbildung sich gestaltet, die immer noch ihren primitiven epithelialen Charakter bewahrt.

Ueberblickt man alle diese Gestaltungen, so ergiebt sich, dass es nicht möglich ist, zwischen Drüsen und Oberhäuten scharfe Grenzen zu ziehen, wenn auch die Extreme, die kompakten Horngebilde einerseits und die echten Drüsen anderseits, weit von einander abstehen. Da nun auch die einfachen Epithelien reichlich absondern, so ist auch von Seiten der Physiologie eine Trennung kaum durchführbar. Will man doch Unterabtheilungen annehmen, so erscheint es am rathsamsten, die Organe des Oberhautgewebes statt wie bisher in zwei, in drei Gruppen zu bringen und zwar:

1. in die Oberhäutchen, Epithelien, aus weichen Zellen bestehende Organe, die meist ausgedehnte Häute bilden, aber auch kleinere Hohlräume begrenzen können und wenn sie absondern, nur einerlei Sekret und zwar Schleim liefern;

2. in die Drüsen, aus weichen Elementen gebildete, enge oft reich verzweigte Hohlgebilde von mannigfacher Form, die die verschiedenartigsten Ausscheidungen liefern und

3. in Horngebilde, festere Organe ohne Höhlungen, die vorzugsweise mechanischen Zwecken dienen.

Bei allen Organen des Oberhautgewebes ist die gefässhaltige, mesodermatische Unterlage ein sehr wichtiger und wesentlich dazu gehörender Theil. Nicht nur greift dieselbe mehr weniger bestimmend bei der Entstehung der Form der betreffenden Theile ein, sondern spielt auch physiologisch eine sehr wichtige Rolle mit Bezug auf das Zustandekommen der Absonderungen und das Wachsthum der Organe. In ersterer Beziehung liegt die Sache so, dass bei den Horngebilden das Mesoderm wesentlich formbestimmend ist, so der Nagelfalz, der Haarbalg mit seiner Papille u. s. w., bei den Drüsen und Oberhäutchen dagegen die Oberhautzellen. Das Wachsthum anlangend, so haben wir, wie schon oben angedeutet wurde, zu unterscheiden zwischen typischen und zufälligen Verhältnissen. Hier sei nur noch so viel bemerkt, dass alle Horngebilde und geschichteten Epithelien eine typische Länge und Dicke besitzen und von Hause aus kein Wachsthum darbieten. Da jedoch bei vielen solchen Organen zufällig immerwährend äussere Theile verloren gehen, so zeigt sich bei denselben auch ein beständiges Wachsthum. Dasselbe geschieht, wenn, wie bei den Haaren und Nägeln, dieselben beschnitten werden. In allen diesen Fällen sind es die tiefsten weichen Zellen der betreffenden Gebilde, die man die Matrix nennt, welche durch gewöhnliche mitotische Vermehrung den Ersatz leisten.

Dem Gesagten zufolge lassen sich an allen Oberhautzellen zwei Hauptflächen, die mesodermale und die freie Fläche unterscheiden, welche in einem nicht unwichtigen Gegensatze zu einander stehen, indem die erstere die aufnehmende, die andere die abgebende ist, die man auch Ernährungsfläche und Absonderungsfläche heissen kann. *Hatschek* hat diesen Unterschied neulich als Polarität der Oberhautzellen bezeichnet (Zoologie, S. 112) und das beständige Auftreten von Wimpern, Stiftchen u. s. w. am freien Pole derselben betont, welches allerdings selbstverständlich ist, aber doch auch in den Fällen sich bewährt, in denen freie Epithelflächen verkleben, wie bei der sekundären Augenblase, in der die Pigmentfortsätze des Retinalpigmentes und die Stäbchen und Zapfen solche Auswüchse freier Epitheloberflächen darstellen. Wichtiger ist die weitere Frage von *H.*, ob auch die Zeugungszellen solche Pole besitzen, welche wenigstens für die Kerne der Samenbildungszellen sich bestätigt, die ihren Faden stets nach dem Lumen der Samenkanälchen zu entwickeln, ob auch für die Eizellen und inwiefern werden weitere Untersuchungen ergeben.

§ 26.

Oberhäutchen, Epithelien, stellen häutige Bildungen dar, die fast ausnahmslos aus weichen, nicht fester verhornten, für Flüssigkeiten durchdringlichen Elementen bestehen, die bei meist rundlicher, prismatischer, pyramidenförmiger Gestalt bald Flimmern besitzen, bald nicht, einschichtig oder mehr-

schichtig angeordnet sind und im letztern Falle auch in der Form von Schüppchen auftreten.

Bei einer Eintheilung der Epithelien hat man zu beachten, dass, vom morphologischen Standpunkte aufgefasst, wesentlich dieselben Elemente auch in den Drüsen vorkommen und dass es unumgänglich nöthig ist, die Drüsenepithelien und die gewöhnlichen Oberhäutchen zusammenzufassen.

Wir unterscheiden demnach:

A. Epithelien im engeren Sinne.

1. Dünne ein- bis zweischichtige Epithelien.

a) Ohne Wimpern.

α) mit kurz prismatischen, sog. pflasterförmigen Zellen, einfaches Pflasterepithel (Figg. 48, 55*b*).

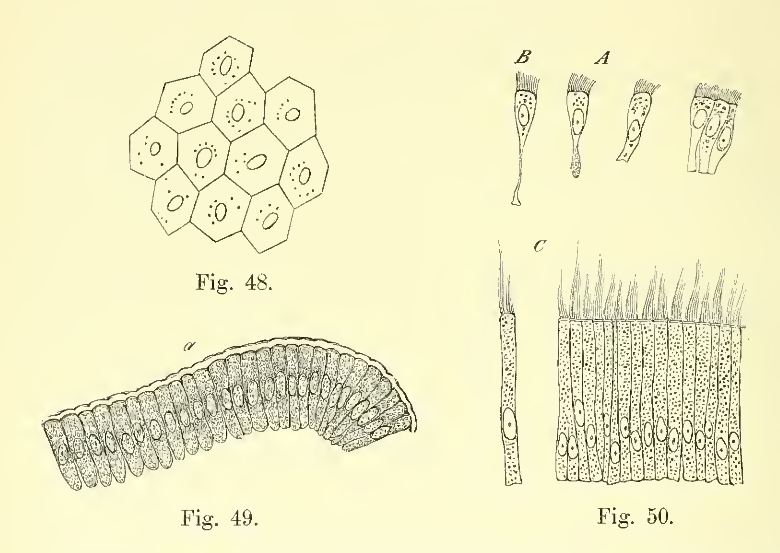


Fig. 48.

Fig. 49.

Fig. 50.

Adergeflechte im Gehirn, *Pigmentum nigrum* der Netzhaut, Linsenkapsel, distaler Theil, Gehörlabyrinth an den meisten Stellen.

Viele Drüsenräume, wie die *Ductus interlobulares* der Leber, die Gänge des *Rete testis*, die Lungenbläschen und Alveolargänge, Schilddrüse, die Drüsenenden der *tubulo-acinösen* und der acinösen Drüsen, die *Bowman*'schen Drüsen, die Harnkanälchen.

β) mit prismatischen oder pyramidenförmigen Zellen in einfacher Lage oder mit einer zweiten Schicht rundlicher Zellen in der Tiefe. Einfaches Cylinderepithel (Fig. 49).

Darm von der *Cardia* bis zum *Anus*, Nervenendstellen im Labyrinth, Geschmacksknospen. Feinste Bronchien z. Th., Ausführungsgänge der Thränen-,

Fig. 48. Epidermis eines zweimonatlichen menschlichen Embryo noch weich wie Epithelium, 350 Mal vergr.

Fig. 49. Epithel der Darmzotten des Kaninchens, *a* Basalsaum. St. Vergr.

Fig. 50. Epithelzellen aus dem Nebenhoden eines Selbstmörders, 350 Mal vergr. *A*. aus den *Vasa efferentia*, *B* aus den *Coni*, *C* aus dem Nebenhodenkanale.

Schleim- und Speicheldrüsen, des Pankreas, der Leber, schlauchförmige Drüsen des Darmkanales, Harnröhre, Samenleiter, Samenbläschen, *Prostata*.

b) Mit Wimpern, Flimmerepithel.

α) Flimmerndes Pflasterepithel.

Hirnhöhlen.

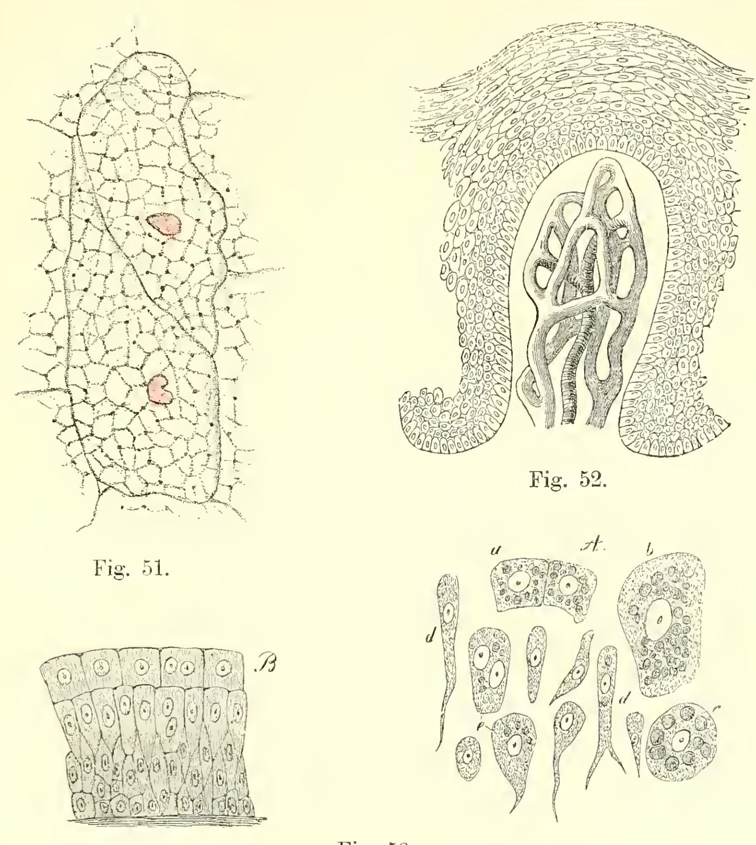


Fig. 51.

Fig. 52.

Fig. 53.

β) Einfaches, flimmerndes Cylinderepithel (Fig. 50).

Tuben, Uterus, Uterindrüsen, Nebenhoden, feinste Bronchien, Rückenmarkskanal.

2. Mehrschichtiges Epithel.

a) Ohne Wimpern.

Fig. 51. Vom Mundhöhlenepithel eines Rindsembryo mit Plastinnetzen in den Zellen. St. Vergr.

Fig. 52. Eine einfache Papille mit mehrfachen Gefässen und Epithel vom Zahnfleische eines Kindes, 250 Mal vergr.

Fig. 53. Epithel des *Pelvis renalis* vom Menschen, 350 Mal vergr. *A* Zellen desselben für sich. *B* Dieselben *in situ*. *a* kleine, *b* grosse Pflasterzellen, *c* eben solche mit kernartigen Körpern im Innern, *d* walzen- und kegelförmige Zellen aus den tieferen Lagen, *e* Uebergangsformen.

α) Geschichtetes Pflasterepithel mit cylindrischen oder rundlichen Zellen in der Tiefe, rundlichen, polygonalen, meist mehr oder weniger abgeplatteten Zellen an der Oberfläche, die in seltenen Fällen (Zungen- und Schlundstacheln der Thiere) auch verhornt vorkommen (Figg. 52, 53).

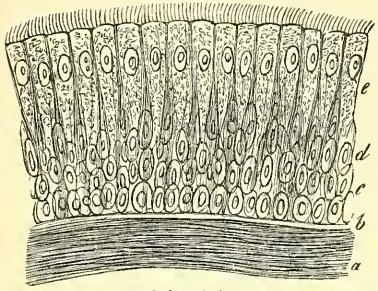


Fig. 54.

Epithel der Regio olfactoria.

Epithel der Mundhöhle, des digestiven Abschnittes des Pharynx, der Speiseröhre, der Stimmbänder, Thränenkanälchen, der Konjunktiva, der Scheide und des *Cervix uteri*, der weiblichen Urethra, der Blase, der Ureteren und des Nierenbeckens bis auf die *Papillae renales.*

β) Geschichtetes Cylinderepithel mit langen, schmalen Zellen oben, langen oder rundlichen Zellen in der Tiefe.

Epithel der *Regio olfactoria.*

b) Mit Wimpern.

Geschichtetes Flimmerepithel mit rundlichen Zellen in der Tiefe, länglichen in der Mitte, flimmernden, kegelförmigen, die mit ihren spitzen Enden bis an die *Mucosa* heranreichen, oben (Fig. 54).

Epithel der Larynx, der Luftröhre und aller gröberen Bronchien, der Nasenhöhle des Menschen z. Th., der Nebenhöhlen der Nase, des Thränensackes und des Thränenganges, der oberen Hälfte des Pharynx, der Tuba und der Paukenhöhle z. Th.

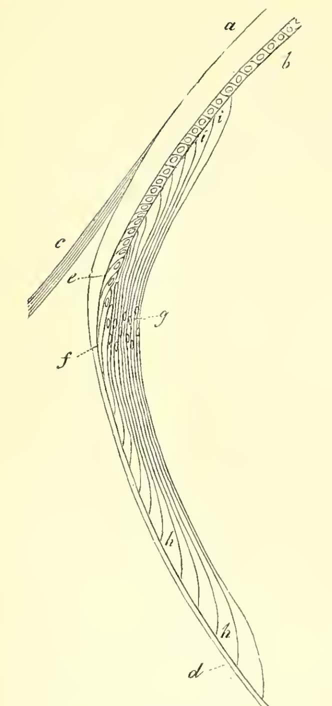


Fig. 55.

B. Linsengewebe.

Die Linse ist, wie die Entwickelungsgeschichte lehrt, ein Oberhautgebilde und entwickeln sich auch ihre langen, z. Th. noch röhrigen, z. Th. durch und durch gleichartigen Fasern jede durch Verlängerung einer einzigen Epithelialzelle der Linsenkapsel. Nichtsdestoweniger verdient dieselbe eine besondere Stellung, theils wegen ihrer chemischen Zusammensetzung, theils wegen der ganz besonderen Form ihrer Elemente.

Fig. 54. Flimmerepithel von der Trachea des Menschen, 350 Mal vergr. *a* äusserster Theil der elastischen Längsfasern, *b* helle äusserste Lage der Mucosa. *c* tiefste runde Zellen, *d* mittlere längliche, *e* äusserste Flimmern tragende.

Fig. 55. Rand der Linse, um die Entwickelung der Linsenfasern zu versinnlichen. Halbschematische Figur. *a* Vordere Wand der Linsenkapsel, *b* Epithel an derselben. *c Zonula Zinnii*, *d* hintere Wand der Kapsel ohne Epithel, *e* im Auswachsen begriffene Epithelzellen, *f* Zellen, die auch nach vorn zu sich verlängern, *g* Kernzone der ausgebildeteren Linsenfasern, *h* hintere verbreitete Enden dieser Fasern, *i* vordere Enden derselben.

§ 27.

Drüsen. Die Drüsen besitzen als wesentlichsten Bestandtheil die absondernden Elemente oder die Drüsenzellen, welche bei den einfachsten Formen die Drüse allein bilden. Bei zusammengesetzten Drüsen finden sich immer zwei oder selbst mehr Abschnitte an den Drüsenhohlräumen, die im Allgemeinen als absondernde Theile und als Ausführungsgänge bezeichnet werden, von denen die letzteren keinen oder nur einen sehr geringen Einfluss auf die Beschaffenheit des Sekretes haben. Alle diese Theile sind, wie wir schon sahen, einzig und allein aus Zellen gebildet, die genetisch und morphologisch mit den Elementen der Oberhäutchen übereinstimmen und daher auch Drüsenepithelzellen heissen.

Die Vereinigung der Drüsenzellen zu den absondernden Drüsenelementen geschieht unter Mitwirkung gleich-

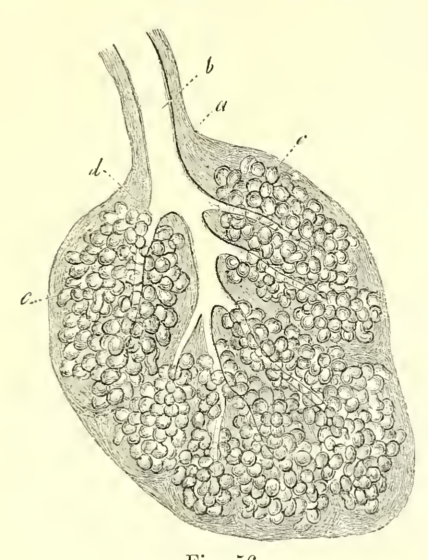


Fig. 56.

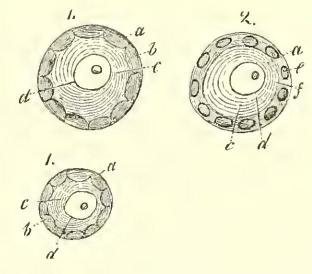


Fig. 57.

artiger *Membranae propriae* oder aus Zellen gebildeter Häutchen von einfacher Bindesubstanz oder beider zugleich, selten unter Betheiligung von Muskelfasern (Schweissdrüsen). Die so gebildeten morphologischen Einheiten werden dann noch von Gefässen und Nerven umsponnen und durch Bindegewebe, dem häufig elastische Fasern, Fettzellen und selbst Muskeln beigemengt sind, zu den grösseren und kleineren Abtheilungen, den Läppchen und Lappen der Drüsen, zusammengefasst (Fig. 56).

Die Hauptformen der absondernden Drüsenelemente beim Menschen sind folgende:

1. Geschlossene einfache oder mit Ausbuchtungen versehene Blasen, *Folliculi* (Fig. 57).

Fig. 56. Traubenförmige Schleimdrüse vom Boden der Mundhöhle. *a* Bindegewebshülle, *b* Ausführungsgang, *c* Drüsenbläschen, *d* Gänge der Läppchen. Vom Menschen, 50 Mal vergr.

Fig. 57. Drei *Graaf*'sche Follikel aus dem Eierstocke eines neugeborenen Mädchens, 350 Mal vergr. 1 ohne, 2 mit Essigsäure. *a* Strukturlose Haut der Follikel, *b* Epithel (*Membrana granulosa*), *c* Dotter, *d* Keimbläschen mit Fleck, *e* Kerne der Epithelzellen, *f* Dotterhaut, sehr zart.

Graaf'sche Bläschen der Ovarien, Follikel der *Thyreoidea*, *Hypophysis cerebri*. Bei Thieren die *Glandula pinealis* des Störs (*Leydig*).

2. Offene rundliche Drüsenbläschen, *Acini* (Fig. 58).

Traubenförmige Drüsen. *Glandulae acinosae*. Lunge, Milchdrüse, Talgdrüsen, *Prostata*.

3. Offene walzenförmige Schläuche, *Tubuli* (Figg. 59, 60).

Röhrenförmige Drüsen. *Gl. tubulosae*. Hoden, Schweissdrüsen u. a.

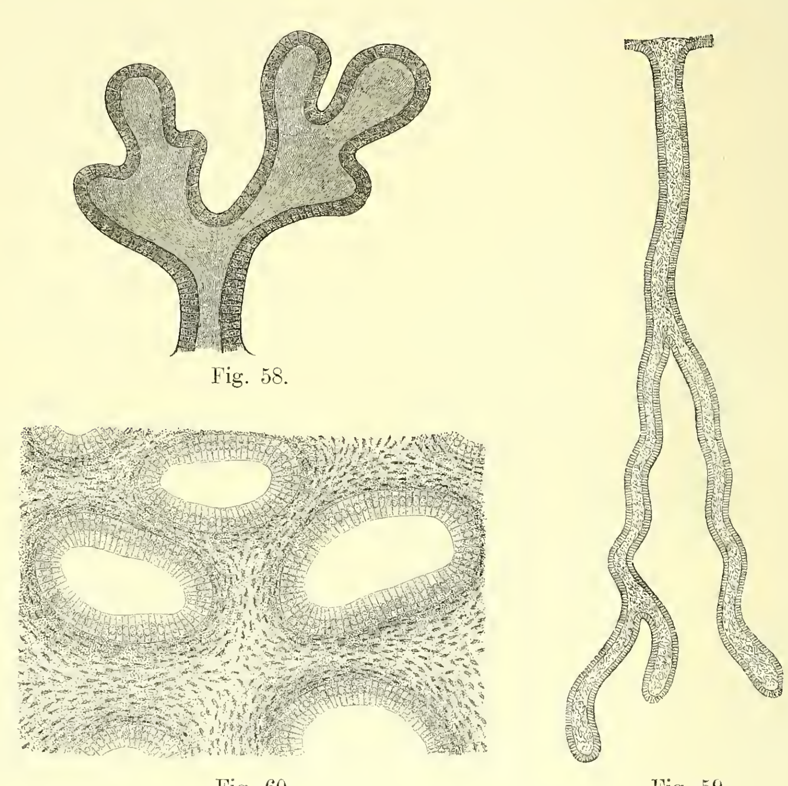


Fig. 58. Fig. 60. Fig. 59.

Zwischen zwei und drei finden sich mannigfache Uebergänge. So habe ich schon vor Jahren in meiner mikrosk. Anat. darauf aufmerksam gemacht, dass unter den traubenförmigen Drüsen viele vorkommen, bei denen, wie bei den Schleim-, Speichel- und *Brunner*'schen Drüsen, neben blasigen Enden auch röhrenförmige vorkommen (Fig. 61), ein Verhalten, das viele Neueren dazu geführt hat, diese Drüsen zu den röhrenförmigen zu stellen, was ich nicht für gerechtfertigt halte, da bei keiner dieser Drüsen längere cylindrische Schläuche vorkommen, bei keiner ferner rundliche Ausbuchtungen fehlen. Ferner bedingen

Fig. 58. *Littre*'sche Drüse aus einer *Morgagni*'schen Grube des Mannes. 350 Mal vergr.

Fig. 59. Eine Uterindrüse einer Erstgebärenden, acht Tage nach der Empfängniss.

Fig. 60. Querschnitt durch einige Uterindrüsen des Weibes. 200 Mal vergr.

auch die Nieren eine Zwischenform, da dieselben in den *Malpighi'*schen Körperchen *Acini* und sonst *Tubuli* besitzen.

Eine besondere Stellung unter den tubulösen Drüsen nimmt ferner die Leber ein (Fig. 62), da hier jede Drüsenzelle mehrere Drüsenkanäle begrenzt und eigentlich gar keine Drüsenelemente vorkommen, vielmehr die Leberläppchen, wo solche sich finden, oder das ganze Organ einen zusammenhängenden Zellenhaufen darstellt, dessen Elemente von vielen Rinnsalen umspült sind.

Zu diesen Elementen kommen nun noch, ausser bei einigen der sub 1 genannten Organe und den einfachsten Drüsenformen sub 2 und 3, die unmittelbar an der Oberfläche der Schleimhäute sich öffnen, besondere Ausführungsgänge, die nach vielfacher Verästelung in die Drüsenbläschen und Drüsenschläuche übergehen, oder, wie in der Leber, mit dem absondernden Zellennetze sich verbinden. Diese Gänge gleichen anfangs in ihrem Baue den absondernden Theilen noch sehr, haben aber doch immer Epithelialzellen, die des besonderen Inhaltes der eigentlichen Drüsenzellen ermangeln, meist auch eine andere Form als dieselben zeigen. Stärkere Ausführungsgänge bestehen aus einer Faserhaut und einem Epithel und besitzen oft noch eine Muskellage, und in den letzten Abschnitten derselben, wie in der Luftröhre, der Gallenblase, Harnblase, dem Uterus, der Scheide, treten sehr häufig eine Faserhaut, Muskelhaut und eine Schleimhaut, ja selbst Knorpel und Muskeln als besondere Gebilde auf.

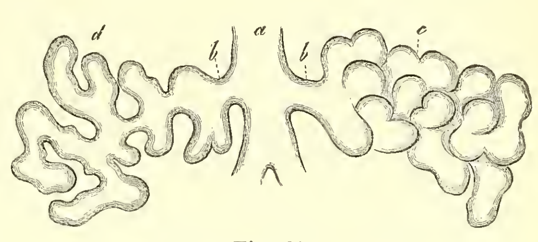


Fig. 61.

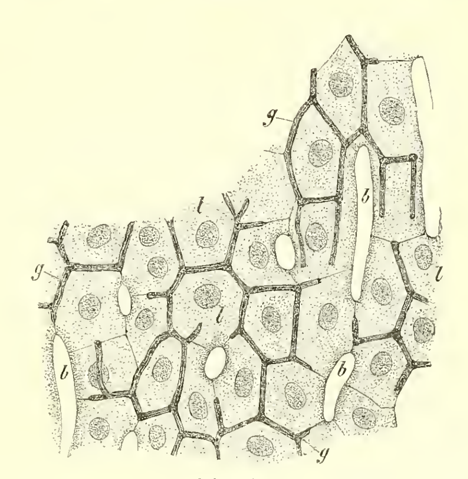


Fig. 62.

In chemischer Beziehung sind die Drüsen noch wenig bekannt. Die Drüsenzellen, als die wichtigsten Gebilde, schliessen sich auch in diesem Punkte an die Epithelialgebilde an, nur dass sie häufig im Innern ganz besondere Stoffe, wie Fett, die Bestandtheile der Galle, des Harnes, Magensaftes, Fermente,

Fig. 61. Schema zweier Gänge eines Schleimdrüsenläppchens. *a* Ausführungsgang des Läppchens, *b* Nebenast, *c* die Drüsenbläschen an einem solchen *in situ*, *d* dieselben auseinandergelegt und der Gang entfaltet.

Fig. 62. Theil eines Querschnittes eines Leberläppchens des Kaninchens. 400 Mal vergr. *b* Blutkapillaren, *g* Gallenkapillaren, *l* Leberzellen.

Schleim, Leucin, Tyrosin, Zucker u. s. w. enthalten und hierdurch ein besonderes Gepräge gewinnen.

Die Drüsen scheiden entweder gewisse Bestandtheile aus dem Blute ab oder bereiten vermittelst desselben eigenthümliche Stoffe oder Formelemente, und je nachdem ist auch die Bedeutung ihrer einzelnen Theile eine verschiedene. In den erstgenannten Drüsen spielen die Drüsenzellen eine mehr untergeordnete Rolle und sind höchstens insofern von Wichtigkeit, als sie den Uebergang dieser oder jener Blutbestandtheile verhindern und nur gewisse derselben durchlassen (Thränendrüsen, kleine Schweissdrüsen, Lungen); in den anderen dagegen kommt den Zellen eine sehr wesentliche Betheiligung an der Bildung des Drüsensaftes zu, indem dieselben in sich besondere Stoffe erzeugen, welche dann entweder aus ihnen heraussickern (Leber, Schilddrüse, Schleimdrüschen, Magensaftdrüsen, *Prostata*, *Cowper*'sche Drüsen, Speicheldrüsen, *Pancreas*) oder, indem die Zellen selbst sich lösen und nach und nach zerfallen, frei werden (Milchdrüse, Fett absondernde Drüsen, Hoden, grosse Schweissdrüsen, Ohrenschmalzdrüsen). Im letzteren Falle treten an die Stelle der reifen vergehenden Drüsenzellen oder der sogenannten Drüsensaftzellen beständig neue Elemente, welche einer immerwährenden Theilung und Vermehrung der Drüsenzellen in den letzten Enden der Drüsen ihren Ursprung verdanken. Dies hat zur Folge, dass die Drüsenbläschen und Schläuche solcher Drüsen stets ganz mit Zellen erfüllt sind, welche letzteren somit ihrer sonstigen Eigenschaft eines Epithels oder einer Auskleidung der Drüsenräume verlustig gehen und so zu sagen ganz und gar als Absonderung erscheinen (Hoden, Milchdrüse während der Laktation). In den Drüsen, welche Flüssigkeiten absondern, zeigen die Drüsenzellen eigenthümliche Veränderungen, je nach dem Stande der Absonderung, die besonders *Heidenhain*, *Ogata*, *Lawdowsky*, *Biedermann*, *Langley* und *Stöhr* verfolgt haben und die im Allgemeinen darauf beruhen, dass während die Innenzone der Zellen das Sekret bereitet, ihre Aussenzone das dazu dienende Material von aussen wieder ergänzt. Sondert die Zelle nicht ab, so ist die Innenzone körnig, dunkel, reich an Material, gross, die Aussenzone hell klein, während bei der Absonderung das Umgekehrte eintritt. — Der Stoffwechsel geht in den Drüsen mit grosser Lebhaftigkeit vor sich, und gehören dieselben zu den blutreichsten Organen des Körpers. — Eine Wiedererzeugung von Drüsengewebe findet sich, ausser bei den Uterindrüsen, nicht, dagegen kommen Hypertrophien desselben und auch zufällige Bildungen von kleinen Drüsen vor.

Vom anatomischen Gesichtspunkte aus kann man die Drüsen des Menschen folgendermassen eintheilen:

A. Blasenförmige oder acinöse Drüsen (Alveoläre Dr. *Flemming*).

1. Mit geschlossenen Blasen, Follikuläre Drüsen, Eierstock, Schilddrüse, Hirnanhang vorderer Lappen.
2. mit offenen Blasen, traubenförmige, acinöse Drüsen,
   a) echte acinöse Drüsen mit durchweg rundlichen Acini, Lungen, Talgdrüsen, Milchdrüsen, *Prostata*,
   b) tubulo-acinöse Drüsen mit blasen- und röhrenförmigen Enden, Speicheldrüsen, Pankreas, Thränendrüsen, Schleimdrüsen u. a.

3. Röhrenförmige Drüsen, *Gl. tubulosae.* Schweissdrüsen, *Lieberkühn*'sche Drüsen, *Bowman*'sche Drüsen, Magendrüsen, Uterindrüsen, Nieren, Hoden, Leber.

Vom physiologischen Gesichtspunkte aus lassen sich die Drüsen ordnen wie folgt:

A. Flüssigkeit absondernde Drüsen, *Gl. liquoriparae.*

1. Drüsen, die Sekrete liefern, die im Organismus eine bestimmte Verwerthung finden, *Gl. secernentes.*

Hierher viele Unterabtheilungen je nach der Beschaffenheit des Sekretes als da sind: Schleim, Serum, Fermente, Galle u. s. w. absondernde Drüsen.

2. Drüsen, die Excrete bereiten. *Gl. excernentes.* Lungen, Nieren, *Wolff*'sche Körper, Schweissdrüsen z. Th.

B. Zellen bereitende Drüsen. *Gl. celluliparae.*

Hierher die Talgdrüsen, die Milchdrüse, Hoden, Ovarien, grossen Schweissdrüsen, Ohrenschmalzdrüsen.

Hierzu sei übrigens noch bemerkt, dass eine scharfe Grenze zwischen den Zellen bereitenden und den nur Flüssigkeit absondernden Drüsen sich nicht ziehen lässt, indem bei manchen Drüsen wechselnde Verhältnisse vorkommen, wie z. B. bei den grossen Schweissdrüsen, bei anderen im Allgemeinen Flüssigkeit gebildet wird, zeitenweise aber auch einzelne Zellen abgehen.

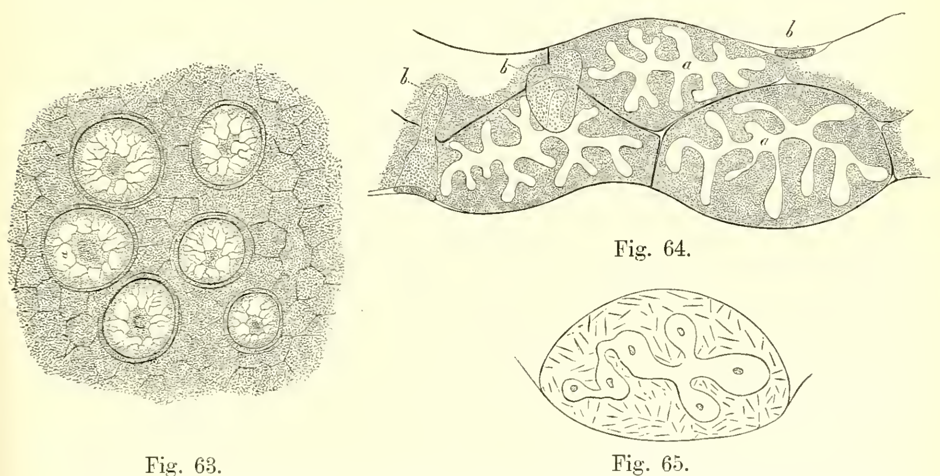


Fig. 64.

Fig. 63. Fig. 65.

Die Formen der thierischen Drüsen lassen sich mit wenigen Ausnahmen unter eine der vier beschriebenen Abtheilungen bringen. Bemerkenswerth sind 1. die einzelligen Drüsen von Thieren ohne und mit besonderen Ausführungsgängen, die entweder für sich eine Drüse bilden (Fig. 63) oder zu vielen von einer *Membrana propria* umgeben werden, 2. das Vorkommen einer gleichartigen *Membrana intima* aus Chitin in vielen Drüsen von *Articulaten*, 3. die bedeutende Grösse (bis 0,2 mm) mancher Drüsenzellen von Insekten, die eigenthümlichen Verästelungen ihrer Kerne (*H. Meckel*, Figg. 64, 65), und das Vorkommen von Tracheen im Innern gewisser derselben (*ich*).

Fig. 63. Einzellige Drüsen der Oberhaut von *Protopterus*. St. Vergr.

Fig. 64. Zellen mit verästelten Kernen *a* von *Episema caeruleocephala*, *b* Kerne der Hülle der Drüsen. St. Vergr.

Fig. 65. Zelle der *Malpighi*'schen Gefässe von *Sphinx pinastri* mit Krystallen und mit *Nucleolen* im verästelten Kerne. St. Vergr.

§ 28.

Organe des Oberhaut- oder Epidermisgewebes, Horngebilde. Diese Organe schliessen sich eng an das geschichtete Pflasterepithel an, unterscheiden sich jedoch dadurch, dass ihre älteren Elemente ohne Ausnahme in die schon früher geschilderten Hornplättchen übergehen, und in vegetativer Beziehung eine nur untergeordnete Rolle spielen. Vermöge dieser Verhältnisse dienen auch die betreffenden Organe wesentlich mechanischen Zwecken.

Hierher gehören folgende Organe:

a) Die Epidermis oder Oberhaut, welche die äussere Fläche des Körpers bekleidet und an den grossen Oeffnungen der inneren Höhlen in die Epithelialbekleidungen derselben sich fortsetzt. Dieselbe besteht aus zwei ziemlich scharf getrennten Schichten, der Keimschicht, mit weichen, mehr rundlich-vieleckigen, unter gewissen Verhältnissen gefärbten Zellen, die sich an alle Unebenheiten der die Oberhaut ernährenden Lederhaut genau anschmiegt und nach aussen in die vieleckige Plättchen besitzende Hornschicht übergeht (Fig. 67).

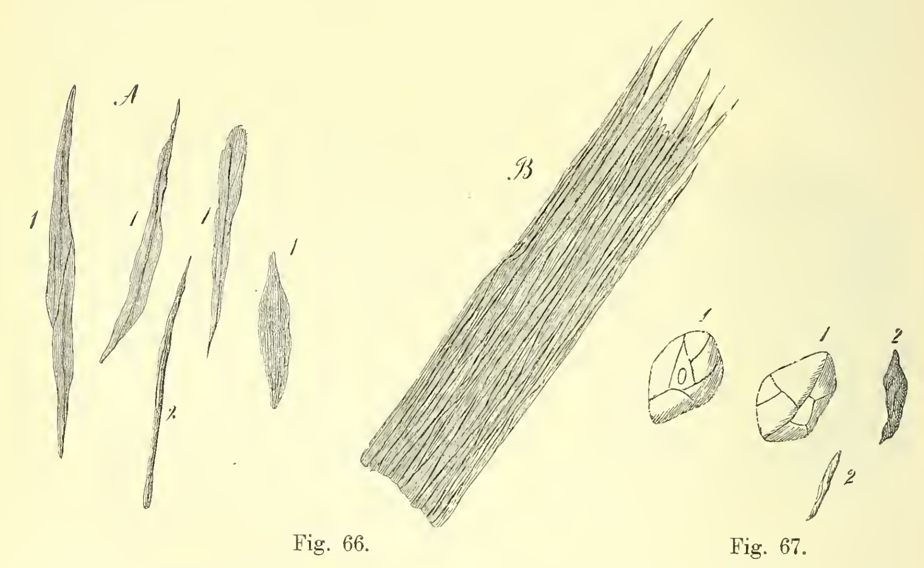


Fig. 66. Fig. 67.

b) Die Nägel. Dieselben können als ein umgewandelter Theil der Oberhaut angesehen werden, deren Hornschicht eine noch grössere Festigkeit erlangt hat und mit der Keimschicht auf einer besonderen vertieften Fläche der Lederhaut, dem Nagelbette, aufliegt, zum Theil selbst in einer besonderen Furche, dem Nagelfalze, steckt.

Fig. 66. Plättchen oder Faserzellen der Rinde eines mit Essigsäure behandelten Haares, 350 Mal vergr. *A* Einzeln dargestellte Plättchen, 1 von der Fläche, 2 von der Seite, 3 zwei verbundene. *B* Eine aus vielen solchen Plättchen zusammengesetzte Schicht.

Fig. 67. Hornschichtplättchen des Menschen, 350 Mal vergr. 1 Ohne Zusätze von der Fläche, eines mit einem Kern. 2 Von der Seite.

c) Die Haare, fadenförmige Oberhautgebilde, die in einem besonderen, aus der Lederhaut hervorgegangenen und von einer Fortsetzung der Epidermis ausgekleideten Sacke, dem Haarbalge, auf einer gefässreichen Papille sitzen. Die an dieser Papille befindlichen Elemente sind weich und bläschenförmig, die weiter davon entfernten zu dreierlei verhornten Zellenformen, Plättchen, platten Fasern und rundlich-eckigen Zellen umgewandelt (Fig. 67).

Das Horngewebe erscheint bei Thieren verbreiteter als beim Menschen und zum Theil in eigenthümlichen Formen. Es gehören zu demselben *a*) von Gebilden, die der äusseren Haut angehören, die Krallen, Klauen, Hufe, Hörner, Stacheln, Platten und Schilder, Schwielen, Borsten, Federn, Penisstacheln, die Klapper der Klapperschlange; *b*) von Schleimhautauswüchsen: die Hornscheiden der Kiefer der Vögel, Schildkröten, von *Siren* und *Ornithorhynchus*, der Batrachierlarven (die grösseren Zähnchen), die Walfischbarten, die Zungenstacheln und Platten von Vögeln, Säugern und einigen Amphibien, die Stacheln der Speiseröhre von Schildkröten. In Allen diesen Gebilden sind, jedoch oft nur mit Hilfe von kaustischen Alkalien, Hornplättchen dieser oder jener Art, wie in den Horngebilden des Menschen, zu erkennen.

Litteratur des Oberhautgewebes. A. Epithelien und Horngebilde. *Purkyne et Valentin*, De phaenomeno generali et fundamentali motus vibratorii continui. Vratisl. 1835. (Entdeckung der Flimmerbewegung bei höheren Thieren); *Henle*, Symbolae ad anatom. vill. int. Berol. 1837; über die Ausbreitung der Epithelien im menschlichen Körper. Berlin 1838, und über Schleim- und Eiterbildung und ihr Verhältniss zur Oberhaut (erste genaue Beschreibung der verschiedenen Oberhautzellen); *Valentin*, Art. „Flimmerbewegung" im Handw. d. Physiol.; *Kölliker*, in Würzb. Verh. Bd. VI. (Poren der Darmcylinder) und Bd. VIII. (Kutikularbildungen); *Billroth*, Ueber die Epithelialzellen der Froschzunge sowie über den Bau der Cylinder- und Flimmerepithelien und ihr Verhältniss zum Bindegewebe in *Müll.* Arch. 1858. p. 174; *Fr. Boll*, das Prinzip des Wachsthumes, 1876; *J. Arnold*, in *Virch.* Arch., Bd. 64, 65, 66 (Intercellularräume); *List*, im Arch. f. mikr. Anat., Bd. 25, 26, 27, 28, Wien. Ber. Bd. 92 (Becherzellen); *Engelmann* in *Pflüg.* Arch., Bd. 23 (Flimmerzellen); *Fr. E. Schultze* im mikr. Arch. III, 1867 (Epithel- und Drüsenzellen); *Ch. Ranvier* im Arch. d. phys. 1884 (Eleidin); *Chr. Aeby* im Med. Centr. 1885, Nr. 16 (Pigment); *J. Frenzel* im Mikr. Arch. 28 (Wimperapparat). — B. Drüsen. *J. Müller*, De glandularum secernentium structura penitiori. Lips. 1830; *H. Meckel*, Mikrographie einiger Drüsenapparate niederer Thiere, in *Müll.* Arch. 1846; *Fr. v. Leydig's* vergleichend-anatomische Abhandlungen in Zeitschr. f. wiss. Zoologie und *Müll.* Archiv, ferner dessen Untersuch. über Fische und Reptilien. Berl. 1853; *Saviotti* in Würzb. Verh. 1869 u. Mikr. Arch., Bd. 5; *Langerhans*, Beitr. z. mikr. Anat. d. Bauchspeicheldrüse 1869; *Heidenhain* in *Hermanns* Phys., Bd. V; *Ph. Stöhr* in Würzb. Sitzungsber. 1884 und Festschr. f. *A. Kölliker* 1887; *v. Ebner* im Mikr. Arch. VIII, 1872 (Speicheldrüsen); *Ranvier* in Journal de Micrographie, T. VIII, IX, X, XI und Arch. d. phys. 1886; *Schiefferdecker* im Mikr. Arch. Bd. 23, 1884; *Langley* in Internat. Monatsschr. I, 1884 u. Proc. Royal Soc. Bd. XI; *Frenzel* in Nova Acta Bd. 48, 1886 (Leber der Mollusken); *Bizzozero* u. *Vassale* in *Virch.* Arch. Bd. 100 (Regenerat. d. Drüsenzellen); *Biedermann* in Wien. Ber., Bd. 94, 1886; *Flemming*, Ueber Bau u. Eintheilung d. Drüsen in *His* u. *Braune's* Arch., 1888.

II. Gewebe der Bindesubstanz.

§ 29.

Allgemeines Gepräge der Bindesubstanz. Die in diese Gruppe gehörenden Gewebe, nämlich die einfache Bindesubstanz, das Knorpelgewebe, das elastische und Bindegewebe, sowie das Gewebe der Knochen und der Zähne zeigen zwar sowohl in histiologischer als in chemi-

scher Beziehung mannigfache Abweichungen, immerhin hängen dieselben durch ihre Entwickelung und ihre Leistungen so innig zusammen, dass es geradezu unmöglich erscheint, sie nicht in Eine Abtheilung zusammenzubringen. In letzterer Beziehung dient die Bindesubstanz als Stütze und Umhüllung für die übrigen Theile des Körpers und könnte auch mit einem noch allgemeineren Ausdruck „die Stützsubstanz“ genannt werden. Als solche bildet sie einmal die feste Grundlage des ganzen Körpers und die Stütze verschiedener Weichtheile (Knorpel, Knochen und Bänder des inneren Skeletes, äusseres Skelet mit Ausnahme der zu den Horngebilden gehörigen Theile, freie Knorpel und Knochen innerer Theile), zweitens die Umhüllung von Organgruppen, ganzen Organen und einzelnen Theilen derselben (Lederhaut, Schleimhäute, Faserhäute, Muskel-, Nerven-, Drüsenscheiden, Gefässe), drittens endlich eine Ausfüllungs- oder Verbindungsmasse zwischen den einzelnen Organen und Organtheilen (Fettgewebe, Knochenmark, lockeres Bindegewebe, Glaskörper, Sehnen). Was den genetischen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Geweben der Bindesubstanz anlangt, so ist derselbe nicht so zu denken, als ob eines dieser Gewebe das höchste sei, welches bei seiner Entwickelung der Reihe nach die Formen aller anderen durchlaufe, vielmehr liegt dieser Zusammenhang darin, dass diese Gewebe von einer gleichen Anlage aus in mehreren gleichlaufenden Reihen sich entwickeln, deren Glieder in einander sich umbilden und auch zu einem gleichen Endziele führen können. Gehen wir von dem embryonalen Zellengewebe aus, das als Grundlage aller und jeder Bindesubstanz erscheint, so erhalten wir zunächst zwei Glieder erster Reihe, 1. die einfache zellige Bindesubstanz mit zarten rundlichen oder platten Zellen, die in ihrem Baue den Epithelialgeweben und den embryonalen indifferenten Zellengeweben unmittelbar sich anschliesst, und 2. den Zellenknorpel mit dicht beisammenliegenden dickwandigen Elementen. Jedes dieser Gewebe entwickelt sich dann an bestimmten Orten in besonderer Richtung weiter. Aus dem Zellenknorpel wird mit dem Auftreten einer gleichartigen Grundsubstanz der echte oder hyaline Knorpel und wenn in der Grundsubstanz von diesem Fasern auftreten, so entsteht entweder der Faserknorpel, wenn die Fasern leimgebend sind, oder der elastische Knorpel, sofern dieselben aus elastischer Substanz bestehen. Wenn endlich eine Knorpelart Kalksalze in grösserer Menge aufnimmt, so wird daraus der Knorpelknochen. Verwickelter ist der Entwickelungsgang der einfachen zelligen Bindesubstanz und kann man hier besonders folgende Entwickelungsreihen unterscheiden:

1. Zwischen den Zellen derselben tritt, ohne dass dieselben ihre Gestalt ändern, eine weiche Zwischensubstanz auf und entsteht so die gallertige einfache Bindesubstanz, die wieder Unterformen zeigt, je nachdem die Zellen rund oder sternförmig sind, oder Netze bilden und die Grundsubstanz homogen ist oder leimgebende oder elastische Fasern in geringer Menge erzeugt (embryonaler Glaskörper, embryonales lockeres Bindegewebe, *Wharton*'sche Sulze). Aus diesem Gewebe gestaltet sich dann, wenn ein Theil der Zellen zu einem festeren Netzwerke sich ausprägt oder selbst in ein kernloses Fasernetz sich umwandelt, während ein anderer Theil derselben rund bleibt und in Menge sich anhäuft, die sehr eigenthümliche cytogene Bindesubstanz oder die adenoide Substanz (*His*), wie sie in den Balgdrüsen aller Art und in ge-

wissen Schleimhäuten vorkömmt. Auf der anderen Seite kann die gallertige einfache Bindesubstanz durch Verlust ihrer Zellen in das einfache Gallertgewebe des *Humor vitreus* des Erwachsenen übergehen, ferner mit weichen oder verkalkten Ablagerungen verschiedener Art auftreten (weiche und verkalkte Achsen von Polypen, Kalkkörper niederer Thiere) oder selbst *in toto* verkalken, wie im Gerüste der *Echinodermen* (verkalkte einfache Bindesubstanz).

2. Eine andere Entwickelungsreihe führt zum echten Knochen und Zahnbein. Als Ausgangspunkt dieses Gewebes ist eine einfache zellige Bindesubstanz anzusehen, deren Zellen, indem eine verkalkende Zwischensubstanz zwischen ihnen sich abscheidet, zu den Knochenzellen und Zahnfasern sich gestalten.

3. Am Ende der ganzen Reihe der Bindesubstanzen steht das faserige Bindegewebe, welches sich bildet, wenn die Grundsubstanz der einfachen Bindesubstanz fester wird und in leimgebende Fibrillen zerfällt, während die runden Zellen zu Zellennetzen sich umgestalten, und dessen Hauptarten von dem Vorkommen oder dem Mangel von Fettzellen — Abkömmlingen eines Theiles der ursprünglichen zelligen Elemente der einfachen Bindesubstanz — so wie einer gallertigen Zwischensubstanz und der Anordnung der Zellen und Faserbündel der Grundsubstanz abhängen. Aus dem Bindegewebe endlich geht a) durch Verknöcherung hervor der Faserknochen, der, wenn er Zellen enthält, von echtem Knochen nur wenig sich unterscheidet, im entgegengesetzten Falle jedoch die schon abweichendere osteoide Substanz des Skeletes der Fische darstellt, und b) das elastische Gewebe, letzteres dann, wenn in der Zwischensubstanz die Menge der auch sonst fast überall vorkommenden elastischen Fasern vorwiegt und die Zellen in den Hintergrund treten.

Fasst man die Endglieder der einzelnen Reihen der Gewebe der Bindesubstanz allein ins Auge, den hyalinen und elastischen Knorpel, die cytogene Bindesubstanz und das Fettgewebe einerseits, das elastische Gewebe, das Bindegewebe, den echten Knochen und das Zahnbein anderseits, so ist nicht zu läugnen, dass dieselben sehr von einander abweichen; ein Blick auf die ganze Entwickelung dieser Gewebe, die im Vorigen in Kürze vorgeführt wurde und weiter unten ausführlicher dargelegt werden soll, lehrt jedoch bald, dass die Gewebelehre vollkommen Recht hat, wenn sie dieselben so nahe als möglich zusammenbringt. Ein wichtiger Beweis für den innigen Zusammenhang der besprochenen Gewebe liegt nun übrigens noch darin: erstens dass dieselben verschiedentlich in einander überzugehen fähig sind und scharfe Grenzen zwischen den einzelnen Formen derselben fehlen, sowie zweitens, dass dieselben in der Thierreihe sehr häufig einander vertreten. In ersterer Beziehung sind namentlich folgende Punkte erwähnenswerth.

1. Wo hyaliner Knorpel und Bindegewebe aneinander stossen, fehlt eine scharfe Grenze beider Gewebe ganz und gar und gehen sowohl die Grundsubstanzen als die zelligen Elemente beider allmählich ineinander über.

2. Dasselbe zeigt sich an der Grenze des Netzknorpels gegen sein *Perichondrium* und sieht man hier besonders schön, wie die elastischen Fasern beider zusammenhängen und ganz gleichwerthige Bildungen sind.

3. Zahnbein und echter Knochen kommen bei Thieren in den verschiedenartigsten Uebergängen vor und sind besonders erwähnenswerth: das Vorkommen von Knochenzellen im Elfenbein von Zähnen (*Amia*), von Zahnröhrchen in den echten Knochen des Skeletes (*Ganoiden*) und die Mengung beider Elemente in den Schuppen vieler *Ganoiden*.

4. Bindegewebe und elastisches Gewebe zeigen die mannigfachsten Uebergänge, wie besonders die Beinhäute, oberflächlichen Binden und Gefässhäute lehren, so dass eine scharfe Trennung beider Gewebe unmöglich ist.

5. Das Knorpelgewebe zeigt Uebergänge in verschiedene andere Gewebe der Bindesubstanzen und zwar a) in gallertige Bindesubstanz (in älteren Knorpeln des Menschen bei der Bildung des Knochenmarkes und bei Fischen häufig), b) in echtes Bindegewebe (in pathologischen Gelenkknorpeln), c) in verkalkten Knorpel und verschiedene Formen von echtem Knochen, wie im Cemente von *Hydrochaerus capybara*, in den Knochentafeln des Skeletes der Rochen und Haie, in den verknöchernden Geweihen der Hirsche und Rehe und am schönsten in einem pathologischen Falle, bei der *Rachitis*.

6. Auf der anderen Seite geht auch Bindegewebe über in Knorpel, wie die Entwickelung der Wirbel der *Selachier* lehrt, deren äussere Chordascheide erst echtes Bindegewebe und später Knorpel ist.

7. Einfache zellige Bindesubstanz und Knorpel einerseits, sowie Knochen anderseits zeigen mannigfache Zwischenstufen, vor allem im Skelete der Fische.

8. Endlich kann noch die in pathologischen Fällen sehr häufige Umwandlung von Bindegewebe und selbst von einfacher Bindesubstanz in Knochen erwähnt werden.

Die Vertretung der Gewebe der Bindesubstanz in der Thierreihe anlangend, so ist hier nicht der Ort, diese Angelegenheit ausführlicher zu besprechen und mache ich daher nur aufmerksam 1. auf das feste Leibesgerüste, das bei niedern Thieren vorzüglich einfache weiche oder verkalkte Bindesubstanz, bei Fischen vorzüglich Knorpel, Knorpelknochen, osteoide Substanz und Zahnbein, bei den höheren Wirbelthieren echter Knochen ist, 2. auf die Haut, welche nicht nur die verschiedensten Gestaltungen der einfachen Bindesubstanz und des Bindegewebes wiederholt, sondern auch Knorpel- und Knochen-, ja selbst Zahnbildungen der mannigfachsten Art aufzuweisen hat und 3. auf die harte Haut des Auges, die je nach den verschiedenen Thieren Bindegewebe, Knorpel und Knochen zeigt.

Werfen wir nach diesen allgemeinen Betrachtungen einen Blick auf die einzelnen Theile, die in die Zusammensetzung der Bindesubstanzen eingehen, so ergiebt sich Folgendes. Die bei fast allen denselben vorkommende Grundsubstanz ist fast überall eine echte Intercellularsubstanz, doch giebt es Fälle, in denen die verschmolzenen Membranen der Zellen eine Art Grundsubstanz darstellen (Knorpel der *Myxinoiden* z. B.) und andere, in denen die Membranen der Mutterzellen mit der Zwischensubstanz sich vereinen (die meisten echten Knorpel). Bezüglich auf den Bau, so ist die Grundsubstanz sehr mannigfach gebildet. Hier gleichartig oder feinkörnig, wird sie an andern Orten streifig oder zeigt selbst getrennte Fäserchen, unter denen wiederum die blasseren der leimgebenden und die dunkleren der elastischen Substanz sich unterscheiden. Ebenso verschieden ist auch der Festigkeitsgrad derselben, der alle Stufen vom

schleimigen und gallertartigen bis zum festen, selbst knorpel- und beinharten zeigt. In chemischer Beziehung sind die Schwankungen nicht minder bedeutend, denn wenn die Bindesubstanz schon an vielen Orten (Knochen, Zahnbein und Zahnkitt, echter Knorpel, das meiste Bindegewebe) leim- oder chondringebend gefunden wird, so wird doch an andern Stellen (Bindesubstanz der Wirbellosen, Schleimgewebe, centrale Masse der Zwischenwirbelknorpel, Gallertgewebe der Fische, elastisches Gewebe, Netzknorpel u. a.) eine solche Zusammensetzung vermisst und an der Stelle des Leimes, Schleim, Eiweiss, eine colloidartige Substanz, Cellulose, sog. *Cornein* u. s. w. gefunden.

Die Zellen der Bindesubstanz sind mannigfacher Art und ist es nicht leicht, dieselben zu kennzeichnen. Ich unterscheide folgende Hauptarten:

1. Zellen vom Charakter derjenigen der einfachen zelligen Bindesubstanz.

Diese Zellen sind der Form nach, die im Allgemeinen kugelig oder platt ist, wenig bezeichnend, dagegen mit Bezug auf den innern Bau und die physiologischen Leistungen, sehr verschieden. Die einen dienen als Stützsubstanz und haben eine wässerige Zellflüssigkeit als Inhalt und festere Membranen (Achsenzellen der Tentakel der *Hydrozoen*, Elemente des Zellenknorpels), andere sind platt mit mehr weniger geschwundenem *Protoplasma* und stellen theils Begrenzungen von Hohlräumen (*Epithelia spuria*), theils Scheiden anderer Organe dar (Ganglienzellen- und Nervenfaserscheiden). Als eine Abart dieser Zellen sind die Zellen der netzförmigen Bindesubstanz zu bezeichnen, die für sich allein oder mit nur wenig Zwischensubstanz zu Scheiden anderer Organe und Elemente (Drüsenkanäle, centrale Nervensubstanz) oder zu Gerüsten sich umbilden, die mechanischen Zwecken dienen (follikuläre Drüsen). Wieder andere Zellen werden als Ausfüllungsmasse verwerthet, sind meist zart und haben manchmal einen reicheren Gehalt an *Protoplasma*, welcher auf eine gewisse Betheiligung am Stoffwechsel schliessen lässt (Einfache Bindesubstanz der Kruster und Mollusken, Plasmazellen von *Waldeyer*, Mastzellen von *Ehrlich*). Endlich kann auch, wie bei den Fettkörperzellen der *Arthropoden* und den Fettzellen der Wirbelthiere der Inhalt eine besondere Beschaffenheit annehmen und die Zellen neben mechanischen Zwecken auch dem Stoffwechsel dienen.

Weit verbreitet sind bei Wirbellosen und niederen Wirbelthieren in gallertiger Bindesubstanz und lockerem Bindegewebe auch sternförmige Zellen, die namentlich als Pigmentzellen auftreten, aber auch ohne Farbkörner vorkommen und häufig reich an *Protoplasma* sind, so dass anzunehmen ist, dass sie auch bei den vegetativen Vorgängen eine Rolle spielen. Bei höheren Wirbelthieren finden sich solche Elemente, wenn auch seltener, ebenfalls an gewissen Orten und kommen als pigmentirte Bindegewebskörperchen auch in echtem Bindegewebe (*Sclera*, *Cornea*) vor.

2. Zellen vom Werthe der Zellen des echten Bindegewebes oder der Bindegewebskörperchen.

Diese Elemente bilden im Ganzen genommen eine gut bezeichnete Gruppe und liegt ihre Hauptbedeutung in ihrer physiologischen Beziehung zur Entwickelung und Erhaltung der Grundsubstanz der betreffenden Bindesubstanzen. Wie jedoch diese Grundsubstanzen in vielen Beziehungen untereinander verschieden sind, so auch die Zellen selbst, die sowohl im Baue als in

der Form sehr wechselnde Verhältnisse zeigen. Immerhin kann die Spindel- oder Sternform, das Vorkommen von Anastomosen, die Abplattung und die hiermit im Zusammenhange stehende geringere Entwickelung des *Protoplasma* und von Ablagerungen im Zelleninhalte, mit anderen Worten eine mässige Ausbildung der vegetativen Vorgänge als ziemlich bezeichnend angesehen werden.

3. Zellen der interstitiellen Säfte der Bindesubstanz.

An gewissen Stellen entwickeln sich in der Bindesubstanz Hohlräume, die theils einfache Lücken, theils von besonderen Wandungen begrenzte Bildungen sind und in bestimmten dieser interstitiellen Räume bilden sich an zelligen Elementen mehr oder weniger reiche Flüssigkeiten, wie das Blut, die Lymphe, die Säfte des Parenchyms der Milz, der Thymus, der follikulären Drüsen überhaupt, des rothen Knochenmarkes. Alle Zellen dieser Säfte, die als Blutzellen und lymphoide Zellen sich bezeichnen lassen, sind auf Elemente zurückzuführen, die mit denen der einfachen zelligen Bindesubstanz übereinstimmen, doch verdienen dieselben eine besondere Stellung, einmal, weil sie keine Gewebe von gleichbleibender Zusammensetzung darstellen und zweitens besonders auch aus dem Grunde, weil ihnen eine ganz eigene Funktion bei den vegetativen Vorgängen zuertheilt ist.

Mit dieser Eintheilung der Zellen der Bindesubstanz in drei Gruppen soll übrigens nicht gesagt sein, dass dieselben nach den aufgestellten Kategorien scharf von einander sich sondern. Vielmehr lehrt die Entwickelungsgeschichte der Gewebe der Bindesubstanz und eine Vergleichung der fertigen Gewebe hinreichend, dass die genannten Zellen mannigfache Uebergänge zeigen und auch vielfach in einander sich umzubilden im Stande sind, Verhältnisse, die namentlich auch im Interesse der pathologischen Anatomie noch besonders betont werden können.

Die Gewebe der Bindesubstanz entwickeln sich bei höheren Thieren alle aus dem *Mesoblasten* und stammen somit, je nach der Herkunft dieses Keimblattes, von dem *Ektoblasten* oder *Entoblasten*. Ausserdem erzeugt auch die Medullarplatte, die ein Theil des bleibenden *Ektoblasten* ist, Elemente und ein Gewebe, die *Neuroglia*, welches der echten Bindesubstanz jedenfalls sehr nahe steht.

Die Aufstellung der wichtigsten der hier besprochenen Gewebe als eine Gruppe unter dem Namen Bindesubstanz geschah zuerst durch *Reichert* im Jahre 1845, doch fand dieselbe nicht die Beachtung, die sie verdiente, weil *Reichert* in der Begründung seiner Ansicht Sätze vorangestellt hatte, welche den Anschauungen der grossen Mehrzahl der Histiologen nicht entsprachen. In der weiteren Entwickelung dieser Frage nahmen die Untersuchungen über die Entwickelung des Knochengewebes eine wichtige Stelle ein und ist vor Allem der von *Sharpey* und *mir* für normale, durch *Virchow* für pathologische Bildungen gegebene Nachweis, dass das Knochengewebe auch aus gewöhnlichem Bindegewebe hervorgehen kann, als ein bedeutender Wendepunkt hervorzuheben, insofern, als durch diese Thatsache die Zusammengehörigkeit von Bindegewebe und Knorpel immer mehr hervortrat, um so mehr als auch gezeigt wurde, dass die verknöchernde bindegewebige Grundlage unter gewissen Verhältnissen, bevor sie verknöchert, auch die Natur von Knorpel annehmen kann. Immer stand aber einer Durchführung der Vergleichung im *Reichert*'schen Sinne noch das hindernd im Wege, dass das der Knorpelzelle Entsprechende im Bindegewebe nicht gefunden war. Denn wenn auch durch *mich* (Mikr. Anat.) das häufige Vorkommen von Knorpelzellen und solchen ähnlichen Zellen in rein bindegewebigen Theilen (Sehnen, Bändern, Sehnenscheiden, Synovialkapseln etc.) dargethan war, so war ich doch nicht dazu gelangt, die allgemeine Verbreitung solcher Zellen zu behaupten, und eine Uebereinstimmung des Knorpels und Bindegewebes

auf dieselbe zu stützen. Erst im Jahre 1851 wurde dieser entscheidende Schritt von *Virchow* und kurze Zeit darauf und selbständig auch von *Donders* gethan, welche Beide das häufige Vorkommen sternförmiger Zellen im Bindegewebe nachwiesen und dieselben oder die Bindegewebskörperchen (*Virchow*) den Knorpelzellen verglichen, während sie die Fasersubstanz des Bindegewebes, die sie einfach als Intercellularsubstanz ansahen, der Grundsubstanz des Knorpels an die Seite stellten. Ausserdem zog *Virchow* auch das Knochengewebe in den Kreis seiner Untersuchung und wies nach, dass die sternförmigen Knochenkörperchen für sich darstellbare Gebilde sind und bei der Bildung des Knochens aus Bindegewebe aus den sternförmigen Bindegewebskörperchen desselben hervorgehen, so dass auch der innere Zusammenhang zwischen Knochen und Bindegewebe bestimmt hervortrat. Ueberhaupt wurde die Frage der Verwandtschaft von Bindegewebe, Knorpel und Knochen von *Virchow* auch noch nach anderen Seiten, namentlich mit Bezug auf die physiologische Bedeutung der Zellen und die Pathologie beleuchtet, so dass die Wissenschaft es ihm vor Allem zu danken hat, wenn die Ansichten über diese Gewebsgruppe mit einem Male bedeutend sich klärten.

Es war nicht anders möglich, als dass diese wichtigen Entdeckungen eine Menge Arbeiten über die Bindesubstanzen hervorriefen, die die *Virchow-Donders*'schen Mittheilungen theils bestätigten und erweiterten, theils aber auch in diesen oder jenen Punkten denselben entgegentraten. Was einmal die Bindegewebskörperchen betrifft, so wurden dieselben zwar von den meisten Seiten angenommen, auf der anderen Seite erstand ihnen aber auch in *Henle* ein gewaltiger und zäher Gegner, der viele Jahre hindurch sich alle Mühe gab, das Vorkommen von zelligen Elementen im *Virchow*'schen Sinne im Bindegewebe zu bestreiten, ein Bestreben, in dem er in neuerer Zeit von verschiedenen jüngeren Kräften unterstützt wurde. Ich habe den Versuch gemacht, als Unparteiischer den Streit zu schlichten und nachgewiesen, dass die *Virchow*'schen Zellen, wenn auch ihr Vorkommen nicht zu bezweifeln ist, doch nicht überall als sternförmige Elemente sich finden, wie *Virchow* angenommen hatte, so dass somit *Henle*'s Einwürfe, die zum Theil auch gegen *Virchow*'s Schilderung der Form der Zellen gerichtet waren, in gewisser Beziehung als gerechtfertigt dastehen, wie dies weiter unten in den Paragraphen, die vom Bindegewebe und den Sehnen handeln, weiter auseinandergesetzt ist.

Ergab sich mit Bezug auf die Bindegewebskörperchen die *Donders-Virchow*'sche Auffassung im Ganzen als richtig, so litt dieselbe dagegen in ihrer Schilderung der Entwickelung der elastischen Fasern gänzlich Schiffbruch. Durch die Arbeiten von *H. Müller*, *Henle* und *Reichert*, die zuletzt durch meine eigenen Untersuchungen einen vollständigen Abschluss erhielten, wurde nämlich gezeigt, dass die genannten Elemente nicht aus den Bindegewebskörperchen hervorgehen, wie *Donders* und *Virchow* und auch *ich* lange Zeit angenommen hatten, sondern selbständig in der Zwischensubstanz sich bilden, ein Nachweis, der mit Bezug auf die allgemeine Frage der Verwandtschaft der verschiedenen Gewebe der Bindesubstanz nur erwünscht sein konnte, indem es nun möglich wurde, den Netzknorpel und das elastische Gewebe einander ganz an die Seite zu stellen, während nach *Virchow*'s Auffassung den elastischen Fasern dieser Gewebe eine ganz verschiedene anatomische Bedeutung zugeschrieben werden musste.

In neuester Zeit sind besonders die zelligen Elemente der weichen Bindesubstanzen einer ausführlichen Prüfung unterzogen worden und haben wir durch die schönen Untersuchungen von *Axel Key* und *G. Retzius* die mannigfachen Formen derselben und das häufige Vorkommen von epithelähnlichen Membranen im Bindegewebe kennen gelernt.

Litteratur. *C. B. Reichert*, Vergleichende Beobachtungen über das Bindegewebe und die verwandten Gebilde. Dorpat, 1845; *Virchow*, die Identität von Knochen-, Knorpel- und Bindegewebskörperchen, sowie über Schleimgewebe, in Würzb. Verh. 1851. II. S. 150 und 314; *Donders* in Ned. Lancet. 1851, Juli und Aug., und Zeitschrift für wiss. Zool. III. S. 348; *Kölliker*, in Würzb. Verh. III. S. 1; *Henle*, in Canst. Jahresb. 1851, 1852; im Berichte ü. d. Fortschr. d. Anat. u. Physiol. f. 1858; *C. B. Reichert*, in *Müll.* Arch. 1852. S. 521; *Remak*, in *Müll.* Arch. 1852. S. 47, 112; *Bruch*, Vergl. Unt. üb. d. Bindegewebe, in Zeitschr. f. wiss. Zool. VI.; *A. Baur*, die Entw. d. Bindesubstanz, Tübingen 1858, und in *Müll.* Arch. 1859. S. 337; *R. Virchow*, in s. Arch.

XVI. S. 1; *Förster*, in *Virch.* Arch. XVIII. S. 170; *H. Müller*, in Würzb. Verh. X; *Kölliker*, Neue Untersuch. über die Entw. d. Bindegewebes. Würzb. 1861, auch in der Würzb. naturw. Zeitschr. Bd. II.; *v. Recklinghausen*, die Lymphgefässe und ihre Beziehung zum Bindegewebe 1862, *Th. Langhans*, Beitr. z. Histol. d. Sehnengewebes. Würzb. nat. Zeitschr. Band V.; *W. His*, Die Häute und Höhlen des menschl. Körpers, Basel. 1865; *A. Hoyer*, in *Müll.* Arch. 1865. S. 204; *Axel Key* und *G. Retzius*, in Mikr. Arch. Bd. IX, und Studien in der Anatomie der Nervens. und des Bindegewebes. 1875, 76; *Boll*, in Mikr. Arch. Bd. VII, VIII; *Flemming*, Mikr. Arch. 1876; *J. Kollmann* in Ber. d. bayer. Akad. 1876, Mikr. Arch. Bd. XIII, *Virch.* Arch. Bd. 68; *His* in s. Arch. 1882 (Parablast); *Brock* in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 39 (Bindesubstanz der Mollusken); *Nordmann* in Internat. Monatsschr. II (Mastzellen).

§ 30.

Einfache Bindesubstanz. Unter diesem Namen fasse ich eine ganze Gruppe einfacher Gewebsformen aus der Abtheilung der Bindesubstanzen zusammen, welche aus meist zarten Bindesubstanzzellen mit oder ohne Zwischen-

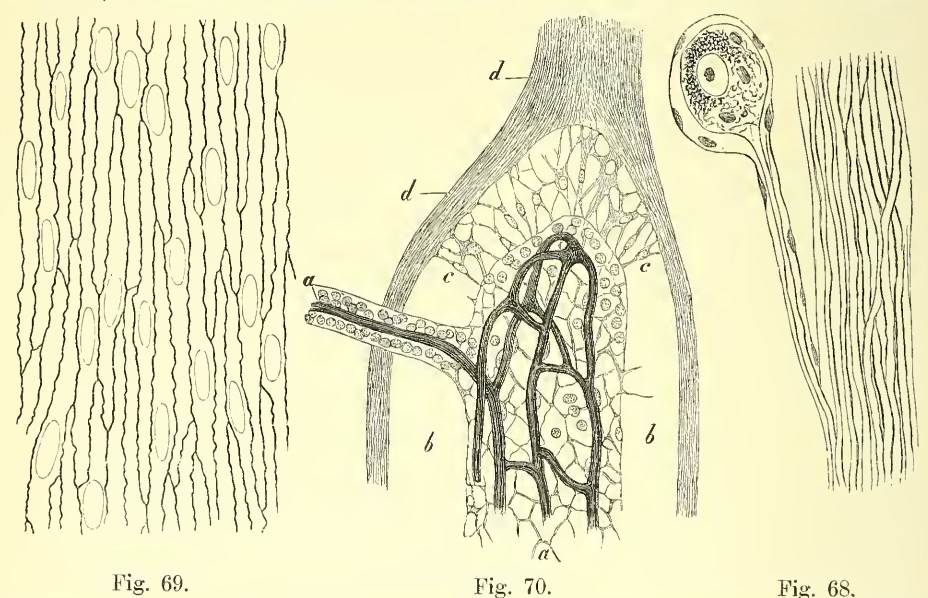


Fig. 69. Fig. 70. Fig. 68.

substanz bestehen, die, wenn vorhanden, schleim- und eiweisshaltig, nie leimgebend ist. — Da die hierher zu zählenden Gewebsformen vorzüglich bei niederen Thieren sich finden, so muss eine genauere Besprechung derselben der ver-

Fig. 68. Aestchen des *Nervus coccygeus* innerhalb der *Dura mater*, mit einer ansitzenden gestielten Ganglienkugel in ihrer kernhaltigen Scheide, bei der ein Faserabgang sehr deutlich ist, 350 Mal vergr. Vom Menschen.

Fig. 69. Epithel einer grösseren Arterie aus dem *Mesenterium* des Frosches durch Silber dargestellt. Vergr. 350.

Fig. 70. Aus der Marksubstanz einer von der Arterie mit Chromblei eingespritzten Mesenterialdrüse des Ochsen. Ausgepinselt und 300mal vergr. *a* Ein Markstrang, in dem das Kapillarnetz, das feine *Reticulum* und noch einzelne Lymphkörperchen sichtbar sind; *bb* denselben umgebender Lymphgang, in dem das überall vorhandene, aus kernhaltigen Zellen bestehende *Reticulum* nur bei *cc* gezeichnet ist. Die Lymphkörperchen des Lymphganges sind ausgepinselt. *dd* Fast ganz aus glatten Muskeln bestehende Balken, *a'* ein kleiner Markstrang mit nur Einem Blutgefässe und mit Lymphzellen gefüllt.

gleichenden Histiologie überlassen werden und wird hier mehr nur dasjenige erörtert, was für die Säugethiere und den Menschen von grösserer Bedeutung ist.

Als Unterabtheilungen der einfachen Bindesubstanz unterscheide ich:

1. Die einfache zellige Bindesubstanz.

Dieselbe zeigt sich in mehrfachen Formen und zwar:

a) als einfaches Parenchym, zellige Bindesubstanz *sensu strictiori*.

Besteht aus runden, zarteren oder festeren Zellen, deren Inhalt helles Serum, Schleim oder Eiweiss, seltener auch Fett, Pigment oder Kalkkonkretionen sind, und die theils zusammenhängende Ausfüllungsmassen, theils Scheiden um andere Organe, theils eine Stützsubstanz darstellen (Bindesubstanz der *Coelenteraten*, *Mollusken* und *Arthropoden* z. Th.).

b) in Form epithelartiger Zellenhäute, *Epithelia spuria*, unechtes Epithel.

Dieselben werden von meist abgeplatteten, inhaltsarmen, rundlichen, polygonalen oder spindelförmigen, auch eigenthümlich zackigen, selbständigen Zellen gebildet, welche Bekleidungen von Bindegewebslücken oder Scheiden von

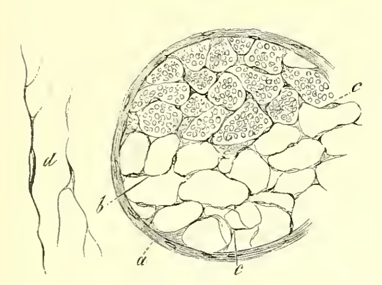


Fig. 71.

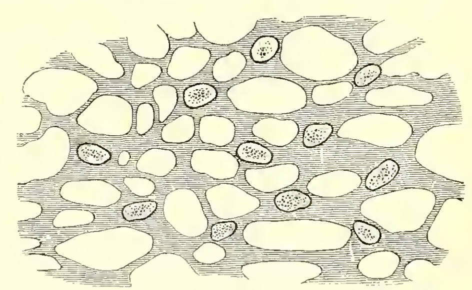


Fig. 72.

besonderen Organen darstellen (Unechtes Epithel der Gelenkkapseln, Schleimbeutel u. s. f., sog. Epithel des Herzens und der Gefässe (Fig. 69) und Wandungen der Kapillaren und feinsten Lymphräume, Wandungen der Tracheen, Scheiden von Bindegewebsbündeln, der peripherischen Ganglienzellen und Nervenfasern z. Th. Fig. 68).

c) in Gestalt sternförmiger, netzförmig zusammenhängender Zellen oder aus solchen hervorgegangener Fasern, netzförmige Bindesubstanz.

Die Elemente dieses Gewebes sind theils kernhaltige, an *Protoplasma* arme, mehr weniger reich verästelte Zellen, die alle untereinander zusammenhängen (Fig. 70, 71, 72) oder eigenthümliche Netze mehr starrer blasser Fasern, die Zellennetzen der ersten Form ihren Ursprung verdanken (Fig. 73) und weder aus leimgebender, noch aus elastischer Substanz, sondern aus einer zu den Eiweisskörpern gehörigen Verbindung bestehen, indem sie beim Kochen im Wasser nicht, wohl aber in kaustischen Alkalien sich lösen.

Fig. 71. Eine Alveole aus einer Inguinaldrüse des Menschen, 250mal vergr. *a* Hülle derselben, *b* inneres Maschengewebe, dessen Räume auf der einen Seite mit Lymphkörperchen gefüllt sind, *c* Kerne der Faserzellen des Maschengewebes; *d* einige isolirte Faserzellen des Maschennetzes, 350mal vergr.

Fig. 72. Netz von Bindesubstanzzellen mit grossen spärlichen Kernen aus einem Follikel einer *Peyer*'schen Drüse des Kaninchens. Nach einem Präparate des Herrn Dr. *Eberth*. 350mal vergr.

Die netzförmige Bindesubstanz ist, wie die neueren Untersuchungen immer bestimmter darthun, sehr verbreitet und findet sich als Stütz- und Umhüllungssubstanz 1. in allen follikulären Drüsen (Lymphdrüsen, Milz, Tonsillen, Thymus, Follikel des Magens, Darmes) und an bestimmten Stellen von Schleimhäuten (Zunge, *Schmidt*; Darm, *His*) in beiden Fällen als Stütze von Parenchymen lymphkörperchenartiger Zellen, 2. im Gehirn und Rückenmark, in welchen die innere Stützsubstanz, die *Neuroglia*, so zu sagen allein aus diesem Gewebe besteht (Fig. 74), 3. im Auge und zwar in der *Retina* in Gestalt der Radialfasern, in der *Chorioidea*, der *Lamina fusca*, und vielleicht im *Lig. iridis pectinatum* und der *Zonula Zinnii*, 4. im Labyrinthe des Ohres als Bekleidung der häutigen Gebilde und der Wandung der Höhlungen im Knochen, 5. in gewissen Drüsen als Stütz- und Umhüllungssubstanz der Drüsenelemente (Nieren, Leber, Speicheldrüsen u. a. m.) (Fig. 75).

Kommen in den Maschenräumen der netzförmigen Bindesubstanz lymphoide Zellen in grösserer Menge vor, so entsteht die adenoide Sub-

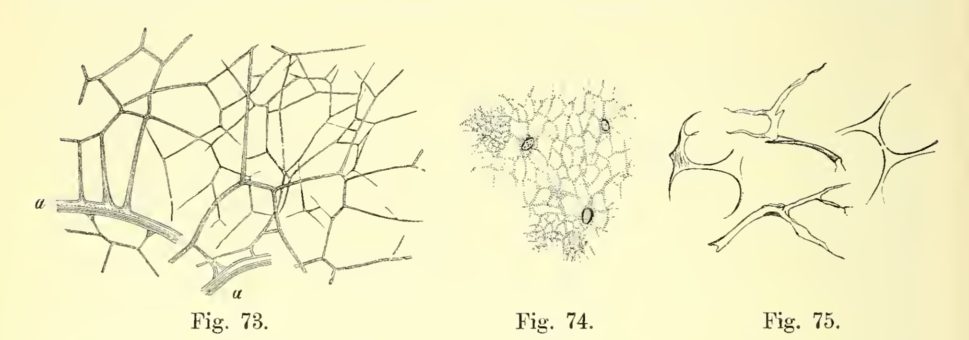


Fig. 73. Fig. 74. Fig. 75.

stanz von *His* oder die cytogene Bindesubstanz von *mir* (Fig. 70, 71), die in follikulären Drüsen typisch vorkömmt. In diesen Fällen heissen die Netze einfach *Reticula*..

2. Die gallertige einfache Bindesubstanz.

Zeigt eine schleim-, eiweiss- oder cellulosehaltige Grundsubstanz und Zellen, die rund oder sternförmig und im letzteren Falle häufig unter einander zu einem Netze verbunden sind. In einzelnen Fällen schwinden später die Zellen, so dass nichts als die Grundsubstanz bleibt (einfaches Gallertgewebe), in anderen treten in dieser noch besondere Fasern auf, die an elastische Fasern erinnern oder wirklich solche sind.

Hierher zählt der Glaskörper im Auge, die Gallerte um die Wirbelsäule der *Leptocephaliden* (*ich*), diejenige des elektrischen Organes von

Fig. 73. Fasergerüst von demselben Orte mit Ansätzen der Fasern an Kapillaren *a a*, das Ganze aus einem Netze zarter Zellen hervorgegangen. Nach demselben Präparate und einer Zeichnung des Herrn Dr. *Eberth*. 350mal vergr.

Fig. 74. Ein Theil des *Reticulum* der Bindesubstanzzellen aus den Hintersträngen des menschlichen Markes in der Längsansicht, Vergr. 350. An zwei Stellen sind die feinsten Netze des *Reticulum* dargestellt, die jedoch zu steif ausgefallen sind.

Fig. 75. Eigenthümliche sternförmige, zellenartige Gebilde aus der Umhüllung der Drüsenbläschen der *Submaxillaris* der Katze, eines mit einem kernartigen Gebilde. Vergr. 350.

Raja, die cellulosenhaltige Gallerte der *Tunicaten*, das Gallertgewebe der Fische z. Th., dasjenige der Mollusken und von embryonalen Bildungen die Gallerte, die ursprünglich die Stelle der Labyrinthhöhlungen und der Paukenhöhle einnimmt, die unentwickelte *Wharton*'sche Sulze und das embryonale lockere Bindegewebe auf früher Stufe überhaupt.

Die kernlosen *Reticula* der cytogenen Bindesubstanz sind noch weiter auf ihre Entwickelung zu untersuchen und spricht Manches dafür, dass dieselben nicht alle aus Zellennetzen hervorgehen, sondern z. Th. die Bedeutung von Intercellulargebilden haben, die jedoch von der leimgebende und elastische Substanz enthaltenden Intercellularsubstanz verschieden wären, weil sie in Wasser nicht, wohl aber in kaustischen Alkalien sich lösen. — Die ächte, aus Zellen bestehende netzförmige Bindesubstanz reiht sich einerseits nahe an die anderen Formen der zelligen Bindesubstanz an und steht anderseits auch der gallertartigen Bindesubstanz mit anastomosirenden Sternzellen nahe, so dass auch hier an eine scharfe Abgrenzung dieser Formen nicht zu denken ist. Auch zu gewöhnlichem Bindegewebe mit fibrillärer Zwischensubstanz zeigen die Formen 1, *c* und 2 Uebergänge.

Litteratur. Man vergleiche die im vorigen Paragraphen angeführten Arbeiten von *Virchow*, *mir*, *His*, *v. Recklinghausen*, *Key* und *Retzius*, *Flemming*, *Kollmann*, *Brock*, dann die Arbeiten von *His*, *Billroth*, *Frey* und *Heidenhain* über die Lymphdrüsen und verwandten Bildungen, ferner *Rindfleisch*, in *Virch.* Arch. Bd. 23, 1862, und *Bizzozero*, in *Moleschotts* Untersuch. Bd. XI., endlich die vergleichend-anatomischen Untersuchungen von *mir* (Tunicaten, Coelenteraten), *Virchow* und *Schultze* (Medusen), *v. Leydig*, *Gegenbaur*, *Semper*, *Häckel* und vielen Neueren.

§ 31.

Knorpelgewebe. Die Knorpel bestehen, mit Ausnahme der verkalkten Knorpel, die beim Menschen keine besondere Rolle spielen, aus einer festen, aber elastischen, bläulichen, milchweissen oder gelblichen Substanz, die in morphologischer Beziehung in doppelter Weise sich verhält und einmal als einfaches Parenchym von Zellen und zweitens als Zellengewebe mit einer zwischen den Elementen befindlichen Grundsubstanz erscheint. Die Knorpelzellen bieten in der Form wenig Eigenthümliches dar; dieselben sind meistens rund oder länglich-rund, häufig abgeplattet oder spindelförmig, sehr selten sternförmig (bei Tintenfischen, Haien, im Kehlkopfe des Ochsen, in Enchondromen). Eine Membran ist anfänglich an denselben nicht sichtbar, später jedoch tritt bei Säugethieren an den meisten Orten eine deutliche Zellmembran auf, die sogenannte Knorpelkapsel, welche in demselben Verhältnisse zum Inhalte der Knorpelzelle oder dem früheren *Protoblasten* steht, wie die Cellulosenmembran der Pflanzenzellen zum Inhalte derselben. Man hat daher an den Knorpelzellen zwei Theile zu unterscheiden: 1. den Inhalt oder den *Protoblasten* (das Knorpelkörperchen der Autoren, die eigentliche Knorpelzelle oder den Primordialschlauch, wie ich denselben früher nannte) ein zartes membranloses Gebilde aus meist hellem *Protoplasma* und einem Kern bestehend und 2. die äussere Zellmembran oder die Knorpelkapsel, eine durch Ausscheidung des *Protoblasten* gebildete feste helle oder gelbliche Lage, welche diesen dicht umgiebt und durch fortgesetzte Ausscheidungen des *Protoblasten*, die an ihrer inneren Oberfläche sich ansetzen, ein geschichtetes Ansehen und eine sehr bedeutende Dicke erlangen

kann. Durch viele Reagentien, auch durch Wasser, gerinnt das *Protoplasma* der Knorpel-*Protoblasten* und schrumpfen dieselben zusammen, so dass ein Zwischenraum zwischen ihnen und ihren Knorpelkapseln (die sogenannten Knorpelhöhlen) sich bildet (Fig. 76. 1, 2), und gestaltet sich jeder *Protoblast* so zu einem dunklen, auch wohl zackigen Körperchen ohne deutlichen Kern, dessen Bedeutung schwer zu erkennen ist. — Sehr häufig findet sich bei den Knorpelzellen eine Vermehrung der Zellen, welcher Vorgang dadurch zu Stande kommt, dass die *Protoblasten* innerhalb der Knorpelkapseln mitotisch sich theilen, während zugleich die Mutterkapseln (Mutterzellen) sich vergrössern. Um die Tochterzellen bilden sich dann neue Zellmembranen oder Knorpelkapseln, während die Kapseln der Mutterzellen allmählich untereinander oder mit einer Zwischensubstanz verschmelzen. Die Grundsubstanz, die ihrer Entwickelung nach entweder Zellenausscheidung und somit ächte Intercellularsubstanz ist oder einer Verschmelzung der Kapseln älterer Mutterzellen ihren Ursprung verdankt, oder endlich durch eine Vereinigung beider dieser Vorgänge entsteht, tritt in zwei Hauptformen auf, einmal mit denselben Charakteren wie im Bindegewebe beim Faserknorpel und zweitens beim hyalinen Korpel als scheinbar gleichartige Substanz, zu der dann im elastischen Knorpel auch noch besondere elastische Fasern dazu kommen können. Mit Bezug auf die nähere Beschaffenheit dieser Grundsubstanz der hyalinen Knorpel liegen aus den letzten 20 Jahren eine grosse Zahl von Untersuchungen vor, die sich besonders um die Frage drehen, ob dieselbe besondere Saftbahnen enthalte, ohne dass eine Uebereinstimmung sich ergeben hätte und doch sind diese Verhältnisse keine besonders verwickelten, die meiner Erfahrung nach folgendermassen sich gestalten.

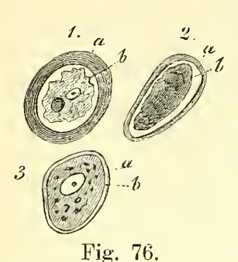


Fig. 76.

1. Es ist nicht von ferne daran zu denken, dass in allen Knorpeln die Knorpel-*Protoblasten* durch protoplasmatische Ausläufer zusammenhängen (*Heitzmann*); dagegen finden sich, wie man längst weiss, in Enchondromen sternförmige, anastomosirende Knorpelzellen (*Virchow*, Würzb. Verh. 1850 u. A.) und in normalen Knorpeln vom *Cephalopoden, Plagiostomen* und vom Ochsen sind sternförmige Zellen von *Queckett, Leydig* und *mir* beschrieben worden, die auch noch an anderen Orten gesehen wurden. Solche verästelte Knorpelzellen sind stets leicht ohne Reagentien zu erkennen; die oben erwähnten Verbindungen dagegen, die nur durch Reagentien sichtbar zu machen sind, sind Kunstprodukte.

2. Viele hyaline Knorpel zeigen ohne Weiteres Stellen mit mehr weniger deutlich gestreifter, faserig erscheinender Grundsubstanz, wie vor Allem die Rippenknorpel in einer bestimmten Zone. Andere zerfallen in pathologischen Fällen auf's Deutlichste in feine Fibrillen, wie die Gelenkknorpel. Ergiebt sich schon so die Wahrscheinlichkeit, dass die Knorpelgrundsubstanz aus dichteren

Fig. 76. Drei Knorpelzellen vom Menschen. 350 Mal vergr. 1. Aus dem Kehldeckel, leicht isolirbar mit etwas zusammengeschrumpftem Inhalt (*Protoblasten*). 2. Aus einem Gelenkknorpel mit stark geschrumpftem Inhalte. 3. Aus einem verknöchernden Knorpel mit unverändertem Inhalte, letztere zwei Zellen mit dünner, 1 mit dicker Knorpelkapsel. *a* Knorpelkapsel, *b* Zelleninhalt und Kern, der in 2 verdeckt ist.

und minder dichten Theilen besteht, so wird dieselbe durch die bekannten Erfahrungen von *Tillmanns*, der durch übermangansaures Kali, Kochsalz von 10 % und Trypsin in vielen Knorpeln ein Zerfallen in Fibrillen hervorrief, nahezu zur Gewissheit.

3. In gewissen Knorpeln zeigen sich eigenthümliche Anordnungen der Grundsubstanz, wie z. B. besondere Balkensysteme in ossifizirenden Epiphysenknorpeln, ferner nach Behandlung mit Höllenstein ein lamellöser Bau (*Thin, Reeves, Flesch* u. A.). Frische Knorpel zeigen nichts von solchen Blättern, doch kann daran erinnert werden, dass von der Oberfläche aller vom Perichondrium bedeckten Knorpeltheile mit Messer und Pincette Lamellen sich ablösen lassen, sowie dass alle Knorpeltheile, die vom Perichondrium aus wachsen, selbstverständlich schichtenweise sich absetzen. Es ist somit wohl möglich, dass die Silbersalze z. Th. natürliche Verhältnisse zur Anschauung bringen.

Die chemischen Charaktere des Knorpelgewebes sind zum Theil noch wenig bekannt. So viel ist sicher, dass die *Protoblasten* und die Grundsubstanz nicht aus demselben Stoffe bestehen. Die ersteren lösen sich nämlich beim Kochen nicht auf und leisten in der Kälte in Säuren ziemlichen Widerstand, während sie beim Kochen in kaustischen Alkalien rasch sich lösen, Eigenschaften, welche sie von der leimgebenden Substanz entfernen, dagegen den Eiweisskörpern nähern. Dagegen scheinen die Membranen der Knorpelzellen oder Knorpelkapseln nach und nach in eine leimgebende Substanz überzugehen, wie sich daraus schliessen lässt, dass dieselben beim Kochen mehr weniger verändert werden, und dass namentlich die mit der Grundsubstanz mehr verschmolzenen Kapseln der Mutterzellen beim Kochen aufgelöst werden. Die Grundsubstanz ist bei der Mehrzahl der Knorpel Chondrin, und nur bei den Netzknorpeln, in so weit sie Fasern enthalten, und ebenso in den deutlich faserigen Theilen echter Knorpel, z. B. den Rippen, ein Stoff, der der Substanz des elastischen Gewebes sehr verwandt ist. Dem zu Folge geben die nur aus Zellen bestehenden Knorpel und die Netzknorpel beim Kochen in Wasser keinen oder nur wenig Leim und gehört das Vorkommen von solchem nicht zum Wesen des Knorpelgewebes. In sich entwickelnden Knorpeln zeigt übrigens nach *Schwann* die Zwischensubstanz anfänglich noch nicht die Eigenschaften des Chondrins.

In physiologischer Beziehung ist besonders die Festigkeit und Federkraft der Knorpel hervorzuheben, Eigenschaften, durch welche dieselben in verschiedener Weise von Nutzen sind. Was den Stoffwechsel anlangt, so ist derselbe in den Knorpeln des Erwachsenen unzweifelhaft sehr träge, denn wenn auch die Knorpelhaut, *Perichondrium*, die alle Knorpel in grösserer oder geringerer Ausdehnung bekleidet, Blutgefässe besitzt, so sind dieselben doch nicht zahlreich und fehlen im Knorpel, wie wir sahen, besondere Einrichtungen zur Weiterleitung der Ernährungsflüssigkeit. Wir haben daher uns vorzustellen, dass dieselbe einfach durch Imbibition in das Innere der Knorpel eindringt, in welchem Falle, wenn wir von *Tillmann's* Beobachtungen ausgehen, wahrscheinlich die interfibrilläre Substanz, das *Chondroplasma*, die auch nicht leimgebend zu sein scheint (*Tillmanns*), die bevorzugte Saftbahn sein möchte, die auch das Eindringen von gewissen Farbstoffen in die Knorpelzellen erklärt (*Arnold, Gerlach* u. A.).

Anders gestalten sich diese Verhältnisse in wachsenden Knorpeln, die, wie ich vor Jahren schon nachwies, in besonderen Knorpelkanälen zahlreiche Blutgefässe, ja selbst, wie in der Nasenscheidewand des Kalbes Nerven enthalten; doch haben diese Gefässe in erster Linie zur Verknöcherung Bezug und können auch bei fertigen Knorpeln auftreten, wenn dieselben zur Ossifikation sich anschicken, wie bei den Rippen und grossen Kehlkopfknorpeln. Nicht zu übersehen ist jedoch, dass auch nicht ossifizirende ausgebildete Knorpel Gefässe enthalten können, wie die des *Septum narium* von Säugern und von Plagiostomen (*Leydig*, *ich*).

Die Entwickelung des Knorpelgewebes geht in einer doppelten Weise vor sich, die als direkte und indirekte bezeichnet werden können. Bei der direkten Entstehung desselben wandeln sich embryonale indifferente Zellenmassen dadurch in Knorpelgewebe um, dass die Zellen sich vergrössern und deutliche Membranen erhalten. Entwickeln sich die Zellen in dieser Art weiter, so entsteht der Zellenknorpel, in den meisten Fällen jedoch tritt zwischen denselben eine Zwischensubstanz auf, die in entfernter Linie von der alle embryonalen Gewebe tränkenden Ernährungsflüssigkeit herzuleiten ist, aber unzweifelhaft auch unter einer gewissen Mitwirkung der Knorpelzellen sich bildet. Bleibt diese Zwischensubstanz gleichartig, so entsteht der hyaline Knorpel, treten dagegen Fasern dieser oder jener Art in ihr auf, so bildet sich der Faserknorpel und der elastische Knorpel.

Bei der indirekten Bildung des Knorpelgewebes ist der Ausgangspunkt ein bereits fertiges Gewebe und zwar entweder eine Art Bindegewebe mit kleinen Zellen oder ein Faserknorpel. Beide dieser Gewebsformen können, wie ich zuerst bei Fischwirbeln nachwies, in echten hyalinen Knorpel sich umwandeln, was später auch *Hasse* bestätigte. Ganz Aehnliches findet sich an den Stellen, an denen *Perichondrium* in Knorpelgewebe sich umbildet, mit anderen Worten der Knorpel vom *Perichondrium* aus wächst.

Das Wachsthum der Knorpel ist noch wenig genau verfolgt. Sicher ist so viel, dass dasselbe einem guten Theile nach durch endogene Zellenvermehrung der vorhandenen Knorpelzellen und dann durch Ablagerung immer neuer Zwischensubstanz zwischen die Zellen sich macht. Erstere, deren Spuren noch an fertigen Knorpeln ganz deutlich zu erkennen sind, tritt in verschiedener Weise auf, je nach dem Knorpel in dieser oder jener Richtung stärker wachsen, im Allgemeinen ist jedoch zu bemerken, dass der Hauptsitz des Wachsthumes in der Nähe der angrenzenden gefässhaltigen Theile sich befindet. So wachsen viele von Knorpelhaut überzogene Stellen von Knorpeln, wie z. B. die Rippen-, Kehlkopfs-, Luftröhrenknorpel, durch die Wucherung einer in geringer Entfernung von der genannten Haut befindlichen leicht kenntlichen Lage von grösseren Zellen, ferner die an Knochen anstossenden Theile mit den hier befindlichen Elementen (Rippen-, Epiphysenknorpel). Die Ablagerung von Zwischensubstanz hält wohl im Ganzen mit der Vermehrung der Zellen gleichen Schritt, so jedoch, dass dieselbe vor Allem an den Stellen auftritt, wo die Zellenvermehrung in Abnahme begriffen ist, mithin besonders im Innern derselben (Kehlkopfs-, Rippenknorpel). Ein Wachsthum des Knorpels durch Anlagerung neuer Knorpellagen aussen auf den fertigen Knorpel oder durch Apposition, wie schon seit Langem *Bruch*, *Gerlach* und *Beneke* ein

solches annehmen, kommt an gewissen Orten ebenfalls vor und zwar in derselben Weise, wie bei der eben geschilderten indirekten Bildung von Knorpelgewebe, indem das *Perichondrium* die Rolle einer Matrix übernimmt und Schritt für Schritt in Knorpelgewebe sich umwandelt. Die genauesten Beobachtungen der Art verdanken wir *Schwalbe*, der vom Ohrknorpel des Kaninchens nachwies, dass sowohl die Flächen-Vergrösserung als die Dickenzunahme durch appositionelles Wachsthum von Seiten des *Perichondriums* geschehe (Jenens. Sitzungsber. 1878). *Schwalbe* ist überhaupt der Ansicht, der auch ich beipflichte, dass ein solches Wachsthum bei jedem Knorpel da sich findet, wo derselbe mit dem *Perichondrium* zusammenhängt, welche Annahme natürlich nicht ausschliesst, dass ein solcher Knorpel nicht auch im Innern interstitielles Wachsthum darbiete. Als eine Stelle, wo diese Apposition besonders deutlich wahrzunehmen ist, muss ich mit *Schwalbe* die der „encoche d'ossification“ von *Ranvier* bezeichnen, an der die Beinhaut der Röhrenknochen unmittelbar an den Epiphysenknorpel angrenzt (siehe die Fig. beim Knochengewebe) und ganz entschieden in beständiger Umwandlung in Knorpelgewebe begriffen ist, so lange als der Epiphysenknorpel sich verdickt.

Im Alter wird die Grundsubstanz gewisser echter Knorpel gern faserig und in ihren chemischen Eigenthümlichkeiten derjenigen der Netzknorpel ähnlich, was, zusammengehalten mit der Thatsache, dass an gewissen Orten, am schönsten an der Spitze und am *Proc. vocalis* der *Cartilago arytaenoidea* von Säugern und vom Menschen Netzknorpel und echte Knorpel unmittelbar in einander übergehen, beweist, dass diese zwei Knorpelarten nicht scharf von einander zu scheiden sind. Im Alter verkalken und verknöchern auch gewisse wahre Knorpel (Rippen-, Kehlkopfsknorpel) gar nicht selten, indem vorher Gefässe in dieselben einwachsen und ein gelbröthliches Knorpelmark sich ausbildet. Dagegen besitzen die Knorpel nur eine geringe Wiedererzeugungsfähigkeit, und geht in Fällen von Verlusten die spärliche neue Knorpelbildung vom *Perichondrium* aus vor sich. (*Peyrand* im Arch. d. phys. norm. et path. T. II 1869, pg. 624—28, 787 u. 88 Pl. 16. 17 und Compt. rend. T. 84, 1877; *Schwalbe* l. c.) *Schwalbe* sah im Ohrknorpel des Kaninchens an künstlich angelegten Löchern von 4 mm nach frühestens 12 Wochen eine Randzone von 0,25 mm neuen perichondralen Knorpels, während der Rest durch eine Wucherung von der Haut aus verschlossen war, und *Peyrand* beobachtete Wiedererzeugung von Rippenknorpeln, wenn er das *Perichondrium* geschont hatte. Zufällige Knorpelbildung ist dagegen nicht selten, wie in Enchondromen und nach Knochenbrüchen knorpelig vorgebildeter Knochen, bei denen immer zuerst ein knorpeliger *Callus* entsteht. Ebenso finden sich krankhafte Wucherungen von Knorpel bei der *Rachitis* und beim Riesenwuchs.

Die verschiedenen Arten des Knorpelgewebes sind folgende:

I. Knorpelgewebe ohne Grundsubstanz oder Zellenknorpel. Hierher gehört die *Chorda dorsalis* der Embryonen und mancher ausgewachsenen Fische; ferner viele fötale Knorpel von Wirbelthieren, die Knorpel der *Myxinoiden* zum Theil, der Kiemenblättchen der Fische zum Theil, der Knorpel der Achillessehne des Frosches, die des äusseren Ohres mancher Säugethiere und die Knorpel der *Geryonien*, *Anneliden*, *Cephalophoren* und von *Limulus*.

II. Knorpelgewebe mit Grundsubstanz.

1. Mit mehr gleichartiger, chondringebender Grundsubstanz.

a) Mit nicht verkalkter Grundsubstanz: echter Knorpel, hyaliner Knorpel. Findet sich bei den grösseren Knorpeln der Respirationsorgane, denen der Gelenke, Rippen und der Nase, dann bei allen Symphysen und Synchondrosen unmittelbar an den Knochen, am *Sulcus ossis cuboidei*, an der *Incisura ischiadica minor*, am *Sulcus hamuli pterygoidei*, am *Calcaneus* über der Insertion des *Tendo Achillis*, und bei den sog. ossifizirenden Knorpeln des Fötus.

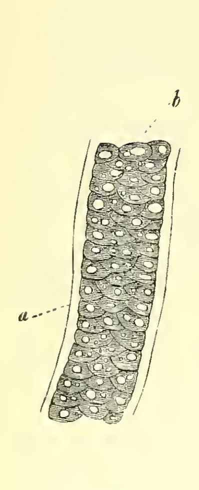


Fig. 77.

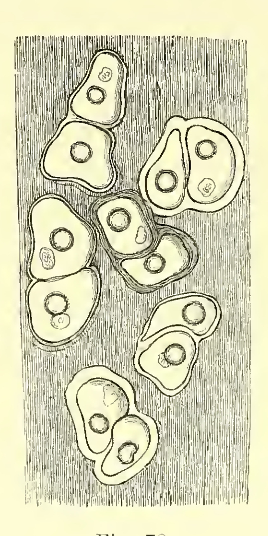


Fig. 78.

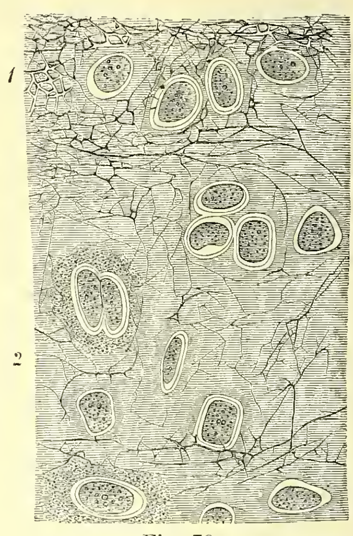


Fig. 79.

b) Mit verkalkter Grundsubstanz: verkalkter Knorpel (*J. Müller*), Knorpelknochen (*H. Müller*). Bildet bei den *Plagiostomen* die äussere pflasterförmige Rinde des Skeletes, findet sich auch beim Menschen und bei Säugethieren, besonders unter den Gelenkknorpeln am Ende der Apophysen der Röhrenknochen und dann vorübergehend an den Ossifikationsstellen der Knorpel. Besteht aus verkalkter, Chondrin (?) gebender Grundsubstanz mit verkalkten gewöhnlichen Knorpelkapseln.

2. Mit faseriger leimgebender Grundsubstanz: Faserknorpel, Bindegewebsknorpel. Findet sich seltener in Form besonderer Organe, wie der *Cartilagines interarticulares*, *Labra glenoidea*, meist

Fig. 77. Stück der *Chorda dorsalis* eines 13 mm langen Schafembryo. *a* Scheide derselben; *b* Zellen mit hellen blasigen Räumen.

Fig. 78. Knorpelzellen aus der weisslichen Schicht der *Cart. cricoidea*, 350mal vergr. Vom Menschen.

Fig. 79. Aus der *Cartilago arytaenoidea* des Ochsen. 1 Echter Netzknorpel; 2 Uebergänge desselben in hyalinen Knorpel. 350mal vergr. Die Zeichnung von Herrn Dr. *Eberth*.

eingestreut und nesterweise in gewöhnlichem Bindegewebe, wie in manchen Sehnen, Sehnenscheiden, den *Ligg. intervertebralia* u. s. w. und zeigt mannigfache Uebergänge zu gewöhnlichem Bindegewebe. — Bei Thieren, besonders Fischen, ist diese Form sehr häufig und tritt auch verkalkt auf.

3. Mit faseriger, vorzugsweise aus elastischem Stoffe bestehender Verbindungssubstanz: Netzknorpel, gelber Knorpel, elastischer Knorpel: *Epiglottis*, *Cartil. arytaenoideae* z. Th., *Santorinianae*, *Wrisbergianae*, Knorpel des Ohres und der *Tuba Eustachii* (Fig. 79).

Mit Bezug auf den Bau des Knorpelgewebes machen sich in unseren Tagen besonders drei Ansichten geltend. Nach der einen von *Reichert*, *Henle*, *Aeby* u. A. vertretenen, ist die ganze Grundsubstanz der Knorpel Zwischensubstanz und giebt es keine besonderen Membranen der Knorpelzellen oder sogenannte Knorpelkapseln. Einer zweiten Ansicht zufolge, die *Remak*, *M. Schultze*, *Fürstenberg* und *Heidenhain* vertheidigen, findet sich im Knorpelgewebe gar keine echte Zwischensubstanz, sondern besteht die Grundsubstanz einzig und allein aus den verschmolzenen Knorpelkapseln. Ich selbst endlich nehme drittens schon seit langem die oben in diesem Paragraphen auseinandergesetzte vermittelnde Stellung ein, welcher in neuester Zeit auch *Gegenbaur* im Wesentlichen sich angeschlossen hat, nur dass er die Knorpelkapseln nicht in eine engere Verbindung zu den Zellen (*Protoblasten*) bringt, wie ich, sondern dieselben wie die Zwischensubstanz, als von den *Protoblasten* abgesonderte Massen betrachtet.

Beleuchten wir diese verschiedenen Auffassungen näher, so erscheint es mir kaum nöthig, die Existenz der Knorpelkapseln, d. h. besonderer Membranen der Knorpel-*protoblasten* darzuthun, da dieselben in jedem Zellenknorpel, an allen zerstreut im Bindegewebe vorkommenden Knorpelzellen und in vielen Fällen auch ohne Reagentien in hyalinen Knorpeln so leicht zur Anschauung kommen. Dass diese Membranen oder Kapseln ferner in gewissen Fällen allein die Zwischensubstanz zusammensetzen, ist ebenfalls nicht zu bezweifeln und verweise ich in dieser Beziehung besonders auf die Knorpel von *Petromyzon* und die gelben Knorpel von *Myxine*. Auf der anderen Seite scheint mir aber auch sicher, dass es Knorpel mit echter Intercellularsubstanz giebt, doch sind hier zwei Fälle wohl auseinanderzuhalten. Es giebt erstens Knorpel (bei den meisten Fischen), in denen die Zellen nicht im Stadium der Knorpelkapseln, d. h. wirklicher Zellen, sondern nur in dem von *Protoblasten* sich finden und da kann es natürlich nicht in Frage kommen, dass die Grundsubstanz nicht aus verschmolzenen Kapseln besteht, sondern einfach Zwischensubstanz und in keine nähere Beziehung zu den einzelnen *Protoblasten* zu bringen ist, wie am klarsten der Sklerotikalknorpel vieler Fische lehrt (*H. Müller*, *Langhans*), in dem an beiden Flächen mächtige zellenfreie Ansammlungen von Grundsubstanz sich finden. Anderer Art sind die Fälle, in denen die Knorpelzellen Membranen oder Kapseln zeigen und hier ist es allerdings schwieriger zu beweisen, dass eine ausserhalb dieser befindliche Grundsubstanz da ist. Am sprechendsten sind die Fälle, in denen deutliche Knorpelkapseln, die keine besonderen Vermehrungserscheinungen zeigen, durch Zwischensubstanz getrennt sind, wie in den embryonalen Knorpeln mancher Thiere, in den Faserknorpeln und Netzknorpeln. Ferner lässt sich durch Knochen in Wasser, durch Behandlung mit *Kali causticum* von 35% (*Donders*) oder verdünnte Schwefelsäure, oder Chromsäure (*Fürstenberg*) durchaus nicht in allen Fällen die ganze Masse in Territorien zerlegen, die als die Grenzen der ersten Mutterzellen anzusehen wären, vielmehr bleibt in vielen Fällen zwischen den einzelnen Zellengebieten eine Zwischensubstanz zurück, bei der nichts auf eine nähere Beziehung zu den Kapseln hinweist.

Die Differenz zwischen *Gegenbaur* und *mir* mit Bezug auf die Bedeutung der Knorpelkapseln läuft so ziemlich auf eine Verschiedenheit der Worte heraus. Ich nenne Zellmembranen Absonderungen von *Protoblasten*, die die Form derselben wiederholen und bewahren. Da *Protoblasten*, ohne zu wirklichen Zellen zu werden, auch eine zu-

sammenhängende Zwischensubstanz bilden können, so ist klar, dass zwischen einem solchen Gewebe und einem Zellengewebe mit dickeren Zellmembranen, nahe Beziehungen sich finden. Scheiden dagegen wirkliche Zellen aussen auf die Zellmembran eine erhärtende Substanz ab, wie z. B. Pflanzenepidermiszellen die *Cuticula*, so ist der Unterschied beider Ausscheidungen schon grösser und noch grösser wird derselbe, wenn zugleich die Zellmembran durch innere Auflagerungen sich verdickt. Beides kommt bei Pflanzen und letzteres bei Knorpeln vor. Ausserdem hebe ich noch besonders hervor, was *Gegenbaur* nicht beachtet zu haben scheint, dass bei Knorpeln mit reichlich sich vermehrenden Zellen auch Tochterzellen innerhalb von Mutterkapseln, mit gut entwickelten Kapseln vorkommen (S. Fig. 9).

In Betreff der Knorpelkanäle verweise ich auf die Entwickelungsgeschichte der Knochen und bemerke hier nur soviel, dass es mir am wahrscheinlichsten vorkommt, dass dieselben ebenso entstehen, wie die gefässhaltigen Räume im ossifizirenden Knorpel, mit anderen Worten, dass das Periost mit seinen Gefässen selbständig in den Knorpel einwächst und denselben zum Schwinden bringt.

Bei Thieren ist das echte Knorpelgewebe z. Th. viel weiter verbreitet als beim Menschen, namentlich im Skelete (nackte Amphibien, Fische). Ausserdem findet sich dasselbe in der *Sclerotica* bei *Echidna* (*Leydig*), bei Vögeln, Amphibien und Fischen, im Herzen bei Wiederkäuern, *Pachydermen*, dann beim Landsalamander und der Schildkröte nach *Leydig*, in der Knorpelschwiele an den Hinterfüssen von *Pelobates*. Netzknorpel findet sich in der Wirbelsäule der Störe an gewissen Stellen (*Virchow*, *ich*), in den Troddeln an der Kehle der Ziegen (*Leydig*); verkalkten Netzknorpel zeigt nach *H. Müller* der Ohrknorpel des Hundes und beim Meerschweinchen (nicht beim Wildschweine, wie *Schlossberger* angiebt) finden sich an derselben Stelle nach *Leuckart* dem Aelteren Verknöcherungen, die nach *H. Müller* echter Knochen sind. Nach *Miram* scheint auch der Biber diese Verknöcherung zu enthalten.

Mit Bezug auf den Bau sei erwähnt, dass viele Knorpel von Thieren (Nasenscheidewand, Kehlkopf von Säugern, *Larynx bronchialis* der Ente nach *Leydig*, Knorpel der *Plagiostomen*, der Störe etc.) gefässhaltig sind. Ausgezeichnet schön sind die Netzknorpel des Säugethierkehlkopfes, indem in denselben theils die elastischen Fasern viel stärker sind (*Epiglottis*), theils (obere Hälfte der *Cart. arytaenoideae*) diese Fasern aufs bestimmteste als Erzeugungen der gleichartigen Grundsubstanz sich erkennen lassen. Mit Fett gefüllte Knorpelzellen finden sich im Ohrknorpel kleiner Säuger (*Queckett*), im Kehlkopfe der Ratten (*Leydig*), bei Fledermäusen (*ich*), pigmentirte solche in der *Sclerotica* von *Menopoma* (*Leydig*); sternförmige Knorpelzellen beobachtete zuerst *Queckett* bei *Cephalopoden* und *Plagiostomen*, die später *Leydig* bestätigte; *ich* fand solche auch im Kehlkopfe des Ochsen an weicheren Stellen. Ungemein dickwandige geschichtete Kapseln mit ganz kleiner Höhle von 4—6 μ zeigen die *Ligg. intervertebralia* und die Rippen alter Leute. Am letzteren Orte sah ich solche Kapseln so mit der Grundsubstanz verschmolzen, dass die Knorpelzellen (Knorpelkörperchen) scheinbar frei in derselben lagen. Im Innern von Knorpelkapseln ferner zeigen sich nicht selten Ablagerungen von verschiedener Dichtigkeit, so dass oft Kapseln in Kapseln zu liegen oder Hüllen mit flüssigem Inhalte abzuwechseln scheinen (s. Fig. 10). Knorpelkapseln mit Andeutungen von Porenkanälchen fand *H. Müller* im Ohrknorpel des Hundes, *Hensen* im Auge der *Cephalopoden*. — Ueber das Verhalten des Knorpelgewebes im polarisirten Lichte vergl. man *W. Müller* in Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. X. St. 173.

Bei Wirbellosen kommen viele in der Festigkeit dem Knorpel ähnliche Gewebe vor, doch ist hyaliner Knorpel, z. Th. in ausgezeichnet schönen Formen, bisher nur gefunden bei Tintenfischen und Knorpel ohne Grundsubstanz in den Branchien mehrerer *Annelida capitibranchiata* (*Quatrefages*, *Leydig*, *ich*), in dem Zungengestelle von Mollusken (*Lebert*, *Claparède*), nach dem bedeutungsvollen Funde von *Gegenbaur* beim Mollukkenkrebse in der Nähe des Hauptnervenstranges und am Scheibenrande der *Geryoniden* (*E. Häckel*).

Litteratur. *Meckauer*, De penitiori cartilaginum structura. Diss. Vratisl. 1836; *A. Bergmann*, De cartilaginibus Disq. micr. Mitaviae 1850; *H. Müller* in Würzburger naturh. Zeitschr. I. 92; *A. Hannover* in Abh. der Dänisch. Akad. d. Wiss. Bd. 7; *Langhans* in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XV. St. 249. Ferner vergl. man

die in den §§ 32, 33, 34 citirten Abhandlungen von *Virchow*, *Remak*, *Reichert*, *Brandt*, *Bruch*, *Tomes* und *De Morgan*, *H. Meyer*, *H. Müller* und *mir*, dann *Aeby* in Zeitschrift für rationelle Med. Bd. IV., *F. Hoppe* in *Virchow's* Archiv V. p. 170; *Fürstenberg* in *Müll.* Arch. 1857, St. 1; *J. Lachmann* Ibid. St. 15; *Rabl-Rückhard* in *Müll.* Arch. 1863, St. 41; *Heidenhain* in Stud. d. phys. Inst. in Breslau, Heft 2, St. 1; *Ranvier* in Arch. d. phys. norm. et path. T. II. 1869, p. 471; *G. Retzius* in Nord. med. archiv. 1872; *O. Hertwig* in *M. Schultze's* Arch. 1872; *Deutschmann* in *J. Müller's* Arch. 1873 (elast. Fasern); *Colomiatti* in Riv. clin. d. Bologna 1874 (elast. Fasern); *L. Gerlach*, Habilitationsschrift 1876; *Tillmanns* in *His* u. *Braune's* Arch. 1877; *Spina* in Wien. med. Woch. 1879, Wien. Sitzungsber. 1879 u. 1881, dann in den Wien. med. Jahrb. 1886; *J. Arnold* in *Virch.* Arch. 73. 1878 (Indigschwefelsaures Natron); *M. W. Schleicher* in Bull. d. l'Acad. de Belgique 1879; *Flesch*, Unt. ü. d. Grundsubst. d. hyal. Knorpels 1880; *O. Van der Stricht*, Rech. s. le cartil. hyalin in Arch. de Biologie 1886 (vollständige Litteratur); *Hasse*, d. nat. Syst. d. Elasmobranchier. Bes. Theil, Lief. I. 1882; *B. Solger*, die Alkoholreaktion des hyal. Knorpels in Festschr. f. *A. Kölliker* 1887. u. Mikr. Arch. Bd. 31; *Spronck*, Anat. Anz. 1887. Ausserdem vergleiche man die vergl. anat. Arbeiten von *Leydig*, *mir*, *Bruch*, *Gegenbaur*, *Strasser*, *Hasse* u. v. A. über das Skelet der Fische und Amphibien.

§ 32.

Elastisches Gewebe. Die Elemente des elastischen Gewebes sind dunkelrandige, walzenförmige oder bandartige Fasern, welche in ihrem Durchmesser vom unmessbar Feinen bis zur Dicke von 6 μ, ja selbst 11 μ (bei

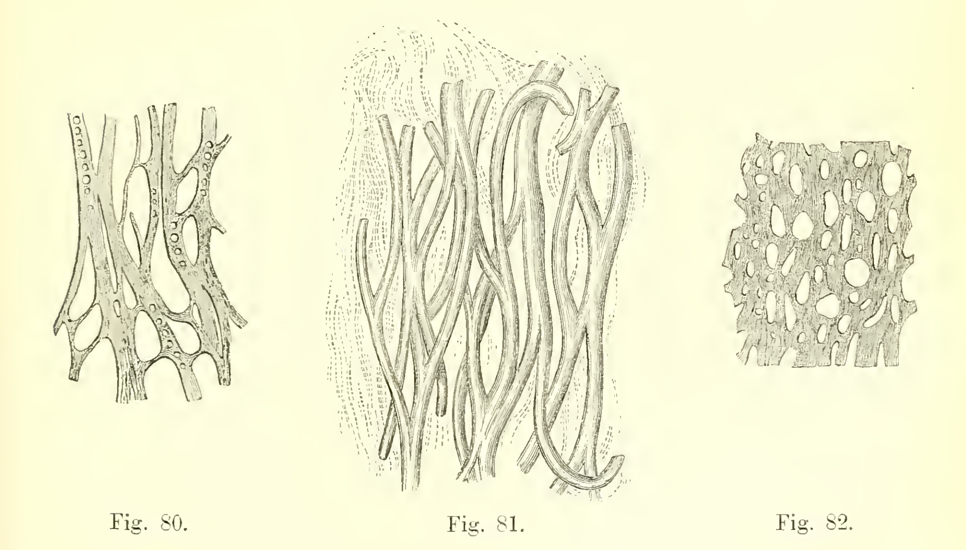


Fig. 80. Fig. 81. Fig. 82.

Thieren selbst 18 μ) gehen und, wenn sie in Massen beisammen liegen, eine gelbliche Farbe darbieten. Diese sogenannten elastischen Fasern sind in

Fig. 80. Elastisches Netz aus der *Tunica media* der *Art. pulmonalis* des Pferdes mit Löchern in den Fasern, 350 Mal vergr.

Fig. 81. Elastische Fasern aus einem gelben Bande des Menschen, sammt etwas Bindegewebe zwischen denselben. 450 Mal vergr.

Fig. 82. Elastische Membran aus der *Tunica media* der *Carotis* des Pferdes. 350 Mal vergr.

der Regel durch und durch gleichartig, doch giebt es Fälle, in denen dieselben kleinere und grössere durchgehende Löchelchen enthalten, die oft ziemlich regelmässig in Reihen beisammenstehen (Fig. 80). Die Ränder der elastischen Fasern sind in der Regel ganz geradlinig, erscheinen jedoch in seltenen Fällen gezackt, ja selbst, wie *Virchow* in neugebildeten Geweben sah, mit äusserst vielen kürzeren und längeren spitzen Ausläufern besetzt. Die elastischen Fasern finden sich entweder vereinzelt als längere oder kürzere, gerade oder wellenförmig verlaufende Fasern und gehören in diesem Falle gewöhnlich der feineren Art an, oder dieselben bilden, indem sie unter einander sich verbinden (Figg. 80, 81), das sog. elastische Fasernetz, welches bald membranartig ausgebreitet ist, bald andere Gewebe in verschiedener Tiefe durchzieht, bald selbständig stärkere Ansammlungen (Bänder) bildet. Eine Abart dieses elastischen Fasernetzes stellen die elastischen Häute dar, in denen die Fasern so dicht verflochten sind, dass eine zusammenhängende Haut entsteht, welche im äussersten Falle keine Andeutung ihrer ehemaligen Natur mehr zeigt und als ganz gleichartige Haut mit kleineren Lücken, gefensterte Membran, (*Henle*) erscheint (Fig. 82).

In chemischer Beziehung bietet das elastische Gewebe sehr bestimmte Erscheinungen dar, doch ist die Substanz desselben in ihrer Zusammensetzung noch nicht genau erkannt. In kalter konzentrirter Essigsäure werden die elastischen Fasern, ausser dass sie etwas anschwellen, durchaus nicht angegriffen, dagegen lösen sie sich nach tagelangem Kochen allmählich auf; durch Salpetersäure färben sich dieselben gelb, was jedoch nach *Harting* (Het Mikroskoop IV, p. 255) nur von der das Gewebe tränkenden Flüssigkeit herrührt und nicht beobachtet wird, wenn man dasselbe vorher gut mit Wasser auszieht; durch *Millon's* Reagens auf Protein werden sie roth, während Schwefelsäure und Zucker keine rothe Färbung derselben bedingen. Ueber die Einwirkung von Kalilauge auf elastische Fasern verdanken wir *Schwalbe* eine Reihe von Versuchen, aus denen als Hauptergebniss hervorgeht, dass durch eine 35 % Lösung die groben Fasern des Nackenbandes bis auf eine Scheide zerstört werden, während die feinen Fasern des *Lig. vocale* des Menschen keinen Rückstand hinterliessen. Ebensolche Scheiden erhielt auch *Ph. Pfeuffer* durch neutrales Trypsin, doch gingen dieselben zuletzt auch in Lösung. In dieser Lösung und in Pepsin-Oxalsäure beobachtete *Pfeuffer* auch die schon von *H. Müller* nach Maceration in Wasser, von *mir* durch *Kali causticum* und von *Schwalbe* nach Einwirkung von Chromsäure von $^1/_{30}$ % wahrgenommenen Zerklüftungen der Fasern und glaubt derselbe auch durch die Pepsinlösung die Zusammensetzung derselben aus einer kollagenen gelatinirenden und einer elastischen Substanz (*Elastin*) nachgewiesen zu haben. In Wasser löst sich elastisches Gewebe selbst durch 60stündiges Kochen nicht auf, verwandelt sich jedoch nach 30stündigem Kochen bei 160° (im Papinianischen Topfe) in eine bräunliche, nach Leim riechende, aber nicht gelatinirende Substanz, die durch Gerbsäure, Jodtinktur und Sublimat, nicht aber durch die andern Reagentien des Chondrins gefällt wird.

In physiologischer Beziehung ist vor Allem die grosse Elasticität dieses Gewebes hervorzuheben, durch welche dasselbe die Bewegungsorgane sehr wesentlich unterstützt und auch sonst, wie z. B. bei den Stimmbändern, eine wichtige Rolle spielt. Mit Bezug auf die Entwickelung kann es als ausgemacht angesehen werden, dass die elastischen Fasern aller Art weder

aus Kernen noch aus Zellen hervorgehen, sondern einfach durch eine besondere Umwandlung der Grundsubstanz bindegewebiger Anlagen sich bilden. Alle Organe des elastischen Gewebes verhalten sich in der ersten Anlage wie bindegewebige Theile, d. h. sie bestehen anfänglich aus rundlichen Zellen, zwischen denen bald eine Zwischensubstanz sich ablagert. Während diese sich vermehrt und in Bindegewebsfibrillen zerfällt, werden die Zellen spindelförmig, wie in Sehnen, und dann treten auch bald zwischen denselben in der Grundsubstanz

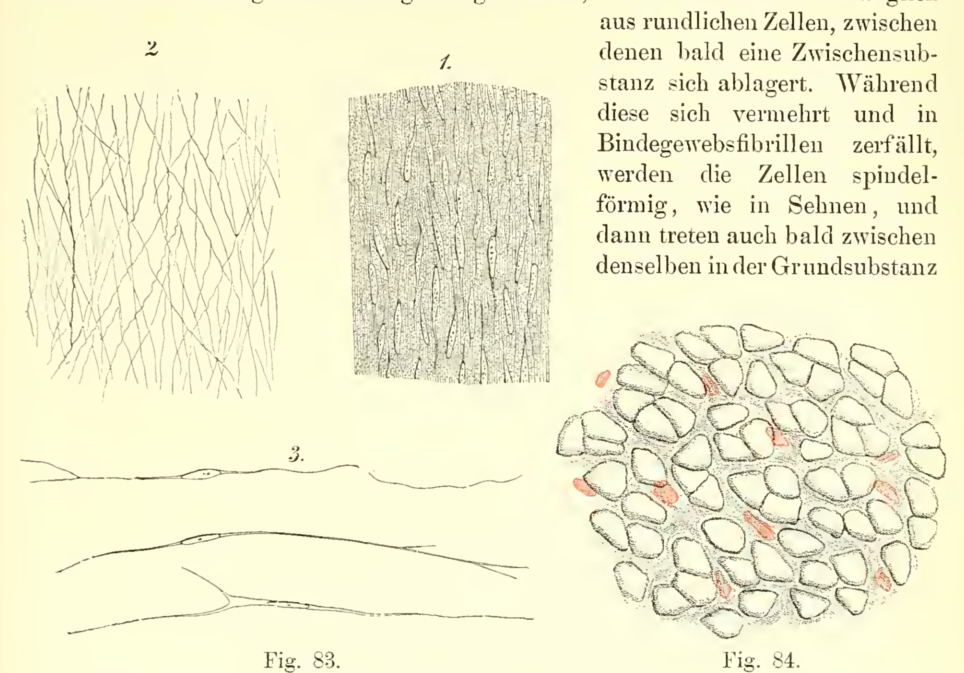


Fig. 83. Fig. 84.

feine, von Anfang an netzförmig verbundene, in Kalilösung Widerstand leistende Fäserchen auf, die ersten Anlagen der elastischen Elemente. Eine Zeit lang wachsen nun alle 3 Bestandtheile, leimgebende Fibrillen, Zellen und elastische Fasern gleichmässig fort, jene sich vermehrend, diese sich vergrössernd und verdickend und kann kaum bezweifelt werden, dass die mitwuchernden Zellen von Einfluss auf die Bildung der Fasern der Grundsubstanz sind, dann aber tritt ein Zeitpunkt ein, von welchem an die Zellen stille stehen, während die elastischen Fasern immer mehr sich ausbilden, und so geschieht es dann, dass das entwickeltere und reife elastische Gewebe vorwiegend aus elastischen Fasern besteht und die Bindegewebsfibrillen sammt den Bindegewebszellen nur einen geringeren, mehr unscheinbaren Theil des Gewebes bilden. Doch enthalten auch die fertigen elastischen Bänder, wie *ich* bei neuen Untersuchungen mit *Schwalbe* (Jahresber. v. 1877, S. 127) finde, eine solche Menge durch Karmin und Häma-

Fig. 83. Aus dem *Lig. nuchae* eines Kalbsembryo von etwas über 13 cm. 300 Mal vergr. 1. Ein Stückchen des *Ligam.* ohne Reagentien, die faserige Grundsubstanz und die Bindesubstanzzellen zeigend, von denen jedoch fast nur die Kerne sichtbar sind. 2. Ein ähnliches Stückchen mit *Kali causticum* kurze Zeit gekocht, so dass die schon vorhandenen feinen elastischen Netze sichtbar sind. 3. Drei isolirte Faserzellen des Bandes.

Fig. 84. Querschnitt durch einen Theil des Nackenbandes des Ochsen mit den durch Boraxkarmin roth gefärbten Kernen der Bindesubstanzzellen des Bandes. St. Vergr.

toxylin in ihren Kernen leicht nachweisbarer Zellen, dass mit Sicherheit anzunehmen ist, dass die embryonalen Zellen dieser Bänder zeitlebens sich erhalten und nicht die geringste Möglichkeit vorhanden ist, mit einigen Neueren an eine Beziehung dieser Zellen oder ihrer Kerne zur Entwickelung der elastischen Fasern zu denken.

Frägt man nach den genaueren Vorgängen bei der Bildung der elastischen Fasern, so lässt sich vorläufig noch keine Antwort geben. Ihr Auftreten in der Grundsubstanz des Bindegewebes und gewisser Knorpel spricht dafür, dass sie durch eine Umsetzung leimgebender Substanz entstehen und aus dem, was man bei Untersuchung der Entwickelung elastischer Bänder sieht, wird man geneigt, anzunehmen, dass die Fasern gleich als Ganzes, wenn auch ursprünglich in grosser Feinheit entstehen. Dagegen führt die Untersuchung gewisser elastischer Knorpel, vor Allem der *Epiglottis* des Ochsen, zur Vermuthung, dass auch eine Bildung derselben durch Aneinanderreihung von Körnchen vorkömmt, wofür sich vielleicht auch das anführen lässt, dass elastische Fasern durch Erweichung in Wasser (*H. Müller*) oder Behandlung mit *Kali causticum* (*ich*) nicht selten der Quere nach Risse erhalten und in kleine Stückchen zerfallen. Ebenso unsicher wie die erste Bildung ist auch die Art des Wachsthumes der elastischen Fasern. Zwar scheint man allgemein der Ansicht zu sein, dass dasselbe durch Ansatz von aussen auf die schon gebildeten Fasern geschehe, wofür wiederum gewisse Erscheinungen in elastischen Knorpeln sprechen, immerhin ist es, da die elastischen Fasern durchaus nicht so starr sind, wie man dieselben oft sich denkt, vielmehr deutliche Quellungserscheinungen darbieten, auch durch Höllenstein nicht selten sich färben (*Recklinghausen*), doch leicht möglich, dass dieselben auch von innen heraus wachsen. — Ganz sicher ist übrigens, dass alle groben elastischen Fasern einmal ganz fein sind, sowie dass viele elastische Fasernetze mit der Zeit in wirkliche elastische Häute mit oft nur noch kleinen Lücken sich umbilden.

Das fertige elastische Gewebe scheint einen wenig lebhaften Stoffwechsel zu besitzen, wenigstens ist dasselbe, auch wenn es in grösseren Massen auftritt, gefässarm; dagegen ist dasselbe, so lange es in der Bildung begriffen ist, ziemlich gut mit Gefässen versehen. Eine Wiedererzeugung des elastischen Gewebes ist nicht bekannt, hingegen sind Neubildungen desselben nicht selten.

Die elastischen Fasern treten selten in grösseren Massen auf, finden sich dagegen sehr häufig mit Bindegewebe gemengt entweder in Form einzelner Fasern oder von Netzen und Häuten mannigfacher Art. Ebenso erscheinen sie im elastischen Knorpel in der Grundsubstanz und zwar manchmal in solcher Menge, dass man gewisse derselben auch füglich als Organe des elastischen Gewebes betrachten könnte. Als wirkliche elastische Organe sind zu bezeichnen:

a) Die elastischen Bänder und Sehnen, in denen das Gewebe nur mit geringer Beimengung von Bindegewebe und mit wenig Gefässen und Nerven so zu sagen rein auftritt. Zu denselben zählen die *Ligg. flava* der Wirbel, das *Lig. nuchae*, gewisse Bänder des Kehlkopfes, das *Lig. stylohyoideum*, *Lig. suspensorium penis*, die Sehnen der glatten Muskeln der *Trachea* und der Fasern des *Cremaster*.

b) Die elastischen Membranen, welche entweder als Fasernetze oder gefensterte Häute erscheinen und in den Gefässhäuten, namentlich denen der Arterien, in der *Trachea* und den Bronchien und in der *Fascia superficialis* sich finden.

Ueber die Entwickelung der elastischen Fasern waren früher die Ansichten sehr getheilt. Zwar wurde die Aufstellung, dass die feinen elastischen Fasern aus verlängerten Kernen hervorgehen, daher sie Kernfasern genannt wurden (*Gerber, Henle*), bald verlassen, um so länger hielt sich dafür die Annahme von *Donders* und *Virchow*, nach welcher die Bindegewebskörperchen es sind, die durch Auswachsen und Vereinigung die feinen elastischen Fasern liefern, eine Behauptung, die auch von *mir* und vielen Anderen angenommen und von *Donders* und *mir* auch auf die groben elastischen Fasern ausgedehnt wurde. Später habe ich mich jedoch durch eine genaue Untersuchung des Nackenbandes von Säugethierembryonen überzeugt, dass die zuerst von *H. Müller* (Bau der Molen 1847. St. 62) aufgestellte und dann auch von *Henle* (Jahresb. v. 1851. St. 39) und *Reichert* (*Müll.* Arch. 1852. Jahresb. St. 95) angenommene Vermuthung, dass die elastischen Fasern nicht aus Zellen hervorgehen, vollkommen richtig ist, in welcher Beziehung das Nähere in meinem im § 29 aufgeführten Aufsatze sich findet.

Zu den elastischen Fasern wurden früher auch die sogenannten umspinnenden Fasern gerechnet, faserige Gebilde, welche Bindegewebsbündel der *Arachnoidea, Cutis*, des Netzes u. s. w. und kleine Nerven spiralig umgeben. Diese Gebilde gehen, wie ich gezeigt habe (s. unten), wirklich aus Zellen hervor und gehören nicht hierher, sondern zu den Bindegewebskörperchen.

Ich habe in diesem Paragraphen die elastischen Häute zu den elastischen Fasernetzen gestellt, ohne damit sagen zu wollen, dass alle und jede mikroskopischen Häute, die Elasticität besitzen, hierher gehören. Meiner Meinung zufolge giebt es zweierlei wesentlich verschiedene elastische Häute: 1. solche, die von Anfang an in der Gestalt von Häuten auftreten, wie die *Membrana Demoursii*, die Linsenkapsel, das vordere elastische Blatt der Hornhaut u. s. w., und 2. andere, die anfänglich nichts als Fasernetze sind und erst nachträglich, indem das Netz immer dichter wird, in die hautartige Form übergehen. Im einzelnen Falle ist es nicht immer leicht zu sagen, in welche Abtheilung eine elastische Haut gehört, und kann man z. B. in Zweifel sein, wohin man die elastische *Intima* der Gefässe und die *Elastica externa* und *interna* der Chordascheide der Fische zu zählen habe. — Wenn aber auch im ersten Auftreten der verschiedenen elastischen Häute ein wesentlicher Unterschied sich vorfindet, so stimmen doch wohl alle darin überein, dass sie durch chemische Umwandlung in einer durch Thätigkeit von Zellen gebildeten Extra- oder Intercellularsubstanz entstehen.

Das elastische Gewebe findet sich bei allen Wirbelthierklassen in denselben Theilen wie beim Menschen, ausserdem auch noch an einigen besonderen Stellen, wie in den Krallenbändern der Katzen, in der Flughaut der Säuger, in der Orbitalhaut des Pferdes und anderer Säuger, in den Flughautfalten, den Lungensäcken, im Kropfe, im *Orbiculus ciliaris* der Vögel, ferner in der Form von Sehnen an den Hautmuskeln von Vögeln (*ich*) und in den Bauchmuskeln des Frosches (*Czermak*). Bei Wirbellosen scheint dieses Gewebe selten zu sein, und ist nicht einmal sicher, ob die hier vorkommenden elastischen Bänder, wie z. B. der Muscheln, der Interarticularsubstanz von *Pentacrinus* (*J. Müller*), anatomisch und chemisch mit dem elastischen Gewebe der höheren Thiere übereinstimmen.

Ueber das Verhalten des elastischen Gewebes im polarisirten Lichte vergleiche man die oben angeführte Abhandlung von *W. Müller*.

Litteratur. *A. Eulenburg*, De tela elastica. Berol. 1836; *v. Wittich* in *Virch.* Arch. IX. p. 185; *Kölliker* in Zeitschr. f. w. Zool. IX. p. 140; *E. Klopsch* in *Müll.* Arch. 1857. p. 417; *A. Bandlin*, z. Kenntniss d. umspinnenden Spiralfasern des Bindegewebes. Zürich 1858. Diss.; *H. Müller* in Würzb. nat. Zeitschr. I. 162; *G. Schwalbe*, Beitr. z. K. d. elast. Gew. in *His*' und *Braune*'s Zeitschr. II. S. 236;

Ph. Pfeuffer im Mikr. Arch. Bd. 16 (Pepsin- und Trypsinwirkungen); *Pansini* in Progr. med. 1887; *Balzer* in Arch. d. Phys. Année 14. p. 314; *Blaschko* in Mikr. Arch. Bd. 27 (Versilberung); *Kuskow* in Mikr. Arch. Bd. 30. Ausserdem vergleiche man die in den §§ 29 und 33 angeführten Abhandlungen.

§ 33.

Bindegewebe. Die Elementartheile, welche im Bindegewebe sich finden, können in wesentliche, nirgends fehlende und in mehr zufällig oder nur an gewissen Orten vorkommende geschieden werden. Zu den ersteren gehört das eigentliche Bindegewebe mit seiner bald mehr gleichartigen, bald faserigen Substanz, und die fast überall in dieser oder jener Form, als Bindegewebskörperchen und Knorpelzellen vorkommenden Zellen der Bindesubstanz, zu den andern die elastischen Elemente aller Art, die Fettzellen und andere Zellen ohne bestimmte Eigenthümlichkeit. Ausserdem enthält manches Bindegewebe nicht unbedeutende Mengen einer Zwischensubstanz. Das eigentliche Bindegewebe erscheint gewöhnlich als faseriges und zerfällt mehr weniger deutlich in kleine Abtheilungen, die Bindegewebsbündel, von denen jedes wieder aus einer gewissen Zahl sehr feiner Fäserchen, den Bindegewebsfibrillen besteht, welche durch ihren geringen Durchmesser von 0,6—0,9 μ, ihre blasse Farbe, ihr gleichartiges Ansehen und den Mangel jeder Streifung von den ihnen sonst am nächsten stehenden feinsten elastischen Fasern und Muskelfibrillen sich unterscheiden. Dieselben vereinigen sich unter Beihilfe einer geringen Menge eines hellen Bindemittels und bilden so die genannten Bündel, welche in manchen Beziehungen an diejenigen der quergestreiften Muskeln erinnern, jedoch durch die Abwesenheit einer besonderen, dem *Sarcolemma* zu vergleichenden Hülle und durch den Mangel eines bestimmten Durchmessers von denselben abweichen. Dieselben sind entweder lange, leicht wellenförmig verlaufende Stränge von überall gleicher Dicke, die nicht unmittelbar untereinander sich verbinden, sondern in verschiedener Weise neben und über einander gelagert grössere sekundäre und tertiäre Bündel und Blätter bilden, oder es hängen dieselben, ähnlich den elastischen Netzen, unter einander zusammen und bilden in ausgeprägten Fällen zierliche Maschennetze, die das von mir sogenannte netzförmige Bindegewebe darstellen.

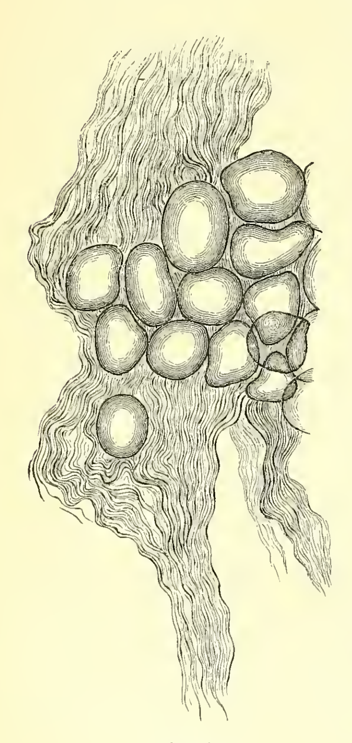


Fig. 85.

Von den sonstigen im Bindegewebe noch vorkommenden Elementen erwähne ich zuerst die Bindesubstanzzellen oder die Bindegewebskörperchen von *Virchow*. Dieselben finden sich besonders im festen

Fig. 85. Lockeres Bindegewebe mit Fettzellen vom Menschen, 350 Mal vergr.

Bindegewebe der Sehnen, Bänder, Fascien und fibrösen Häute, weniger in den lockeren Formen, obschon sie auch hier nicht mangeln, und stellen sich in mehrfachen Gestalten dar, die jedoch mannigfache Uebergänge zeigen, nämlich einmal als epithelähnliche, aneinandergereihte platte Gebilde, zweitens als spindel- oder sternförmige unter einander verbundene, platte Zellen und drittens als ganz unregelmässige abgeplattete, durch blatt- oder hautförmige Abzweigungen vielfach vereinte Gebilde. In allen Fällen kann die zellige Natur dieser Theile bald noch erhalten und die Kerne deutlich sein, bald mehr weniger verwischt sich finden, so dass am Ende selbst einfache faserige oder hautartige Bildungen entstehen. Mag dem so oder so sich verhalten, so gehen doch diese Netze von Bindegewebskörperchen nie in elastische Substanz über und lösen sich immer in kaustischen Alkalien in der Wärme rasch auf. Die Verbreitung anlangend, so liegen die Bindegewebskörperchen in Organen mit gleichlaufenden Fasern ohne Ausnahme in regelmässigen Abständen zwischen den Fibrillenbündeln, so dass ihr längerer Durchmesser dem der Bündel entspricht. Dasselbe gilt auch für netzförmig vereinte Bündel und für lockeres Bindegewebe, nur ist hier die Vertheilung der Zellen eine minder gleichmässige und die Zahl je nach den einzelnen Stellen eine sehr verschiedene. Ausserdem finden sich an manchen Orten auch Netze von Bindegewebszellen oder aus solchen hervorgegangene Fasern um grössere oder kleinere Bündel herumgelegt. Alles zusammengenommen ergiebt sich, dass diese Zellen ein nahezu beständiger Begleiter des Bindegewebes sind und im Allgemeinen auch in gleichmässigen kleinen Abständen durch dasselbe verbreitet erscheinen.

Fast genau dasselbe gilt auch von den elastischen Fasern der feineren und gröberen Art. Immerhin giebt es Bindegewebsformen, die dieser Elemente gänzlich ermangeln, und wo sie sich finden, ist ihre Verbreitung und Menge eine weit mehr wechselnde als bei den vorhin erwähnten Zellen. Die eine Endform ist ein Bindegewebe mit spärlichen lockeren Netzen der feinsten elastischen Fäserchen, wie in Bändern und Sehnen, die andere ein Gewebe, in dem entweder elastische Fasernetze und mehr reines Bindegewebe regelrecht mit einander abwechseln, oder dichte Fasernetze das Bindegewebe in seiner ganzen Dicke durchziehen, wie in der *Adventitia* der Gefässe, im Periost, in gewissen Schleimhäuten und in der *Cutis*.

Knorpelzellen sind, abgesehen vom Faserknorpel, der oben schon besprochen wurde, im Bindegewebe im Ganzen genommen selten und bedürfen hier keiner weiteren Schilderung; um so häufiger sind dagegen im lockeren Bindegewebe die Fettzellen, die, wenn zahlreicher, eine besondere Abart des Bindegewebes, das Fettgewebe, darstellen. Ausserdem finden sich noch stellenweise, wie z. B. in der Haut des *Scrotum* ohne Ausnahme, eine gewisse Zahl zarter, meist rundlicher Zellen zerstreut zwischen den Bündeln in der Nähe von Gefässen und Nerven, die als auf mehr embryonaler Stufe stehen gebliebene Bildungszellen des Gewebes anzusehen sind. Enthalten dieselben einen hellen, feinkörnigen Inhalt, so stellen sie die Plasmazellen von *Waldeyer* dar. In anderen Fällen sind dieselben gröber granulirt und durch Anilinfarben färbbar (Mastzellen, *Ehrlich*). Pigmentzellen, die bei Thieren so häufig sind, kommen auch beim Menschen an gewissen Orten (*Cutis*, *Arachnoidea Chorioidea*, *Iris*) vor und sind nichts als Bindegewebskörperchen mit Pigment-

körnchen. Ausserdem finden sich in wechselnder Menge die schon besprochenen lymphoiden oder Wanderzellen.

Eine Zwischensubstanz ist wohl in den meisten Arten des Bindegewebes in geringerer Menge zwischen den Bündeln, in den sogenannten Bindegewebsspalten, vorhanden, in den festeren Formen jedoch, ausser in pathologischen Fällen bei *Oedemen* oder durch Injektion oder Einblasen von Luft, nicht unmittelbar nachzuweisen. In besonderen Fällen tritt eine solche Zwischensubstanz

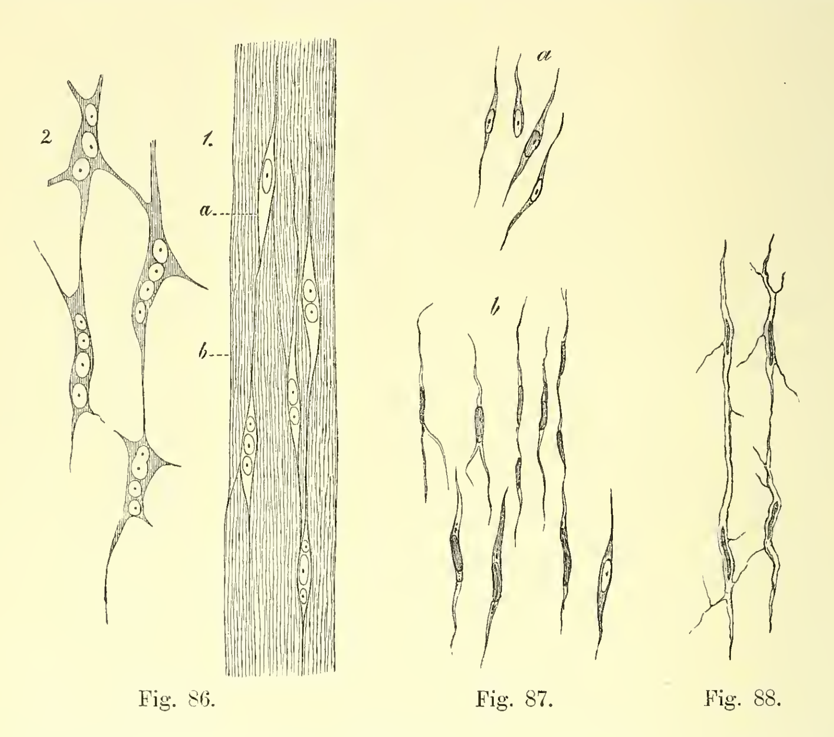


Fig. 86. Fig. 87. Fig. 88.

in der Form gleichartiger Häutchen ohne Kerne und Zellen an der Oberfläche von Bindegewebsbündeln oder bindegewebiger Häute auf und zähle ich hierher die hellen Scheiden, die oft Bindegewebsbündel der *Arachnoidea* einzeln oder mehrere zusammen umhüllen, ferner das *Neurilem* kleiner Nervenstämme, die *Adventitia* kleiner Blutgefässe, die sogenannten *Basement Membranes* (*Bowman*), die keine Kutikularbildungen sind, wie die *Elastica anterior corneae*, die *Hyaloidea*. — Eine weiche Zwischensubstanz findet sich in

Fig. 86. Aus dem Nabelstrange eines 15,7 mm langen Schafembryo, 350 Mal vergr. 1. Ein Stückchen mit fibrillärer Zwischensubstanz und zusammenhängenden mehr spindelförmigen Bindesubstanzzellen. 2. Von einem Theile, der noch gallertige Zwischensubstanz und mehr sternförmige Zellen enthält. Die Zellen in beiden Fällen fast alle mit mehrfachen Kernen.

Fig. 87. Bindegewebskörperchen der Achillessehne, 350 Mal vergr. *a* von einem viermonatlichen, *b* von einem siebenmonatlichen Embryo. Hier einige Zellen zu zweien und dreien verschmolzen.

Fig. 88. Dieselben Zellen aus der Achillessehne eines Neugeborenen, hier mehr sternförmig. 350 Mal vergr.

grosser Menge in manchen Formen des lockeren Bindegewebes, wie z. B. in den gallertigen Formen (*Wharton*'sche Sulze, Knorpelmark etc.), und stimmt dann ganz mit derjenigen der einfachen Bindesubstanz überein.

In chemischer Beziehung ist das Bindegewebe wohl bekannt; die eigentliche Bindesubstanz löst sich in Magensaft, aber nicht in Trypsin, giebt beim Kochen mit Wasser gewöhnlichen Leim, und führt ausserdem noch Flüssigkeit in sich, deren Natur ihrer meist geringen Menge wegen noch wenig bekannt ist, ausser dass man weiss, dass dieselbe Eiweisskörper enthält. Wo sie in grösserer Ansammlung sich findet, wie im gallertigen Bindegewebe von Erwachsenen, lässt sich in derselben die Anwesenheit von viel Eiweiss und Schleim mit Leichtigkeit nachweisen.

Das Bindegewebe dient dem Organismus je nach seiner Beschaffenheit bald als fester unnachgiebiger Stoff, bald als ein weicherer Träger von Gefässen, Nerven, Drüsen, bald endlich als nachgiebiges, die Zwischenräume ausfüllendes und Lageveränderungen vermittelndes Gewebe. Wo elastische Elemente in grösserer Menge in ihm sich finden, ändert sich seine Bedeutung und ebenso giebt ihm auch ein grösserer Gehalt an Fett- oder Knorpelzellen eine sonst nicht vorkommende Weichheit oder Härte.

Das Bindegewebe besteht beim Embryo ursprünglich einzig und allein aus runden Zellen. Mit der Zeit und zwar sehr bald entwickelt sich zwischen diesen ein gleichartiger formloser Stoff, der anfänglich schleim- und eiweisshaltig ist, später jedoch nach und nach in noch nicht ermittelter Weise in leimgebende Substanz sich umwandelt. Während dies geschieht, zerfällt derselbe zugleich in Fibrillen und wird so zur eigentlichen Fasersubstanz des Gewebes, in welcher dann später noch, je nach den verschiedenen Gegenden, bald mehr, bald weniger elastische Fasern sich entwickeln. Die ursprünglichen runden Zellen gehen mit dem Auftreten und der Zunahme der Zwischensubstanz grösstentheils in spindel- und sternförmige, netzförmig sich vereinende Elemente über und gestalten sich so zu den Bindegewebskörperchen, welche dann später noch verschiedene andere Schicksale erleiden können, indem sie stellenweise ganz verschwinden, oder zu den eigenthümlichen Elementen des festen Bindegewebes sich umgestalten, oder, ihre Zellennatur ablegend, zu Fasern werden (umspinnende Fasern). Wo Fettzellen im Bindegewebe vorkommen, wird ein Theil der ursprünglichen Zellen zur Bildung derselben benutzt und geht durch Ablagerung von Fettropfen in diese Form über. Im lockeren Bindegewebe erhält sich ein Theil der Zwischensubstanz im ursprünglichen formlosen Zustande und nimmt selbst noch zu, so dass sie z. Th. auch im ausgebildeten Gewebe noch anzutreffen ist. — Sind die Bindegewebsbündel angelegt, so wachsen sie, ähnlich den elastischen Fasern, in die Länge und Dicke weiter, bis sie die Grössenverhältnisse erreicht haben, die sie beim Erwachsenen besitzen, ein Vorgang, bei dem wohl unzweifelhaft die zelligen Elemente, die als die eigentlichen Vertreter des Stoffwechsels im Bindegewebe anzusehen sind und daher von mir früher auch Saftzellen genannt wurden, eine Hauptrolle spielen. Das fertige Bindegewebe ist, wo es rein vorkommt, sehr gefässarm und steht mit Bezug auf den Stoffwechsel jedenfalls auf einer sehr niederen Stufe, daher auch, gewisse Ausnahmen (Hornhaut z. B.) abgerechnet, fast keine Erkrankungen desselben sich finden. Eine Ausnahme hiervon machen gewisse gefässreiche binde-

gewebige Organe, doch beruhen hier die Veränderungen nicht auf den eigenthümlichen Verhältnissen des Bindegewebes selbst, sondern werden von den von demselben getragenen andern Theilen (Drüsen, Epithelien, Gefässe, Fettzellen u. s. w.) bedingt. Bindegewebe und elastisches Gewebe sind die auf tiefster Stufe stehenden Gewebe und erzeugen sich mit grösster Leichtigkeit wieder zum Ersatz von Substanzverlusten oder zur Vergrösserung der schon bestehenden Theile. (Siehe auch § 22.)

Die Vereinigung der verschiedenen Elemente des Bindegewebes geschieht in mannigfacher Weise und werden am besten folgende Formen unterschieden:

I. Festes Bindegewebe (geformtes Bindegewebe, *Henle*). In demselben sind die Elemente innig verbunden und so, dass einfachere Organe von ganz bestimmter Form daraus hervorgehen. Hierher gehören:

a) Die Sehnen und Bänder mit gleichlaufenden, nur spärlich unter spitzen Winkeln zusammenhängenden Bindegewebsbündeln, zwischen und durch welche ganz regelmässig eine gewisse Zahl netzförmig verbundener Bindegewebskörperchen und feine elastische Fasernetze sich hindurchziehen.

b) Die Faserhäute, *Tunicae fibrosae.* Unterscheiden sich von *a*) nur durch die häufige Verflechtung der Bindegewebsbündel und die meist bedeutendere Zahl von elastischen Fasern. Hierher zählen:

1. Die Muskelbinden, *Fasciae*, die mehr den Bau der Sehnen haben.
2. Die Beinhäute und Knorpelhäute mit stellenweise sehr vielen elastischen Elementen und vielen Blutgefässen.
3. Die weissen derben Hüllen vieler weichen Organe, wie die *Dura mater*, das *Neurilem*, die *Sclerotica* und *Cornea*, die Faserhaut der Milz und Nieren, die *Albuginea* der Eierstöcke, Hoden, des *Penis* und der *Clitoris.*

c) Die serösen Häute. Bestehen aus einem an feinen elastischen Fasern reichen, gefässeführenden Bindegewebe, das verschiedentlich sich durchflechtende oder wirklich netzförmig verbundene Bündel hat, auch wohl, namentlich an der Oberfläche dieser Häute, z. Th. mehr gleichartig erscheint.

d) Die Lederhaut. Besteht aus einem dichten Filz von Bindegewebsbündeln, der an der Oberfläche und in den Papillen einem undeutlich fibrillären, zum Theil selbst mehr gleichartigen Gewebe Platz macht, und eine grosse Zahl feinere und stärkere elastische Netze, viele Bindegewebskörperchen, sowie sehr zahlreiche Gefässe und Nerven zwischen sich enthält.

e) Die Schleimhäute im engern Sinne, *Tunicae mucosae.* Bestehen im Wesentlichen aus einer gefässreichen und nervenhaltenden bindegewebigen Grundlage, der eigentlichen Schleimhaut und einem submucösen Bindegewebe, das am Darm *Tunica nervea* heisst. Die erstere ist z. Th. von ähnlichem Bau, wie die Lederhaut, nur weicher, z. Th. ermangelt sie des fibrillären Bindegewebes und besteht aus einer netzförmigen oder cytogenen Bindesubstanz (S. § 30) in verschiedenen Formen.

f) Die Häute der Venen und Lymphgefässe, die *Adventitia* der Arterien und das *Endocardium*. Bestehen aus einem straffen, dem der fibrösen Häute nicht unähnlichen Bindegewebe und feineren oder gröberen elastischen Fasernetzen, denen bei den Venen zum Theil auch glatte Muskeln beigemengt sind.

g) Die gefässhaltigen Häute, *Tunicae vasculosae*. Dieselben enthalten sehr zahlreiche Gefässe, die zur Ernährung anderer Organe bestimmt sind und bestehen aus gewöhnlichem, der elastischen Fasern ermangelnden Bindegewebe (*Iris, Pia mater, Plexus chorioidei, Chorioidea*), dem, wie in der *Chorioidea, Iris* und *Pia*, noch eigenthümliche Elemente, nämlich netzförmig zusammenhängende, meist mit mehr oder weniger Pigment gefüllte Zellen beigegeben sein können, welche den Bindegewebskörperchen an die Seite zu stellen sind.

II. Lockeres oder areoläres Bindegewebe (formloses Bindegewebe, *Henle*). Besteht aus einem weichen Maschenwerke netzförmig verbundener oder verschiedentlich durchflochtener Bindegewebsbündel, die in grösserer oder geringerer Menge als Ausfüllungs- und Verbindungsmasse zwischen den Organen und ihren einzelnen Theilen sich finden und in zwei Formen erscheinen.

1. Als Fettgewebe, wenn in den Maschen eines an elastischen Fasern und Zellen gewöhnlich ganz armen Bindegewebes zahlreiche Fettzellen enthalten sind.
2. Als gewöhnliches lockeres Bindegewebe, wenn die letzteren spärlich sind oder fehlen.

Das Fettgewebe findet sich vorzüglich in der Haut als *Panniculus adiposus*, in den grossen Röhrenknochen als gelbes Knochenmark, in der Augenhöhle, um die Nieren, im Gekröse und den Netzen, dann auch um die Gelenkkapseln herum, an Nerven und Gefässen und in Muskeln, und bildet bei Thieren auch besondere Organe, wie die sogenannte Winterschlafdrüse der Säuger, die Fettlappen in der Bauchhöhle der Batrachier. Das gewöhnliche lockere Bindegewebe, das bald ganz arm, bald reich an Zellen und elastischen Fasern ist, ist am verbreitetsten zwischen den einzelnen Eingeweiden des Halses, der Brust-, Bauch- und Beckenhöhle, dann überall längs der Gefässe und Nerven und im Innern der Muskeln, Nerven und Drüsen. An gewissen Orten, wie im Rückenmarkskanale, im Knorpelmarke, in der *Wharton*'schen Sulze des Nabelstranges, hat dasselbe eine gallertige Beschaffenheit, wie embryonales lockeres Bindegewebe, und enthält dann in den Maschen der Bindegewebsbündel eine bald mehr serumartige, bald schleim- und eiweisshaltige Flüssigkeit, eine Form, die als gallertiges Bindegewebe besonders hervorgehoben zu werden verdient und nahe an die gallertige Bindesubstanz sich anschliesst.

Das Bindegewebe findet sich, abgesehen von den verknöcherten Sehnen der Vögel, bei allen vier Wirbelthierklassen ungefähr in derselben Weise, wie beim Menschen, tritt dagegen bei den Wirbellosen meist als einfache Bindesubstanz (s. § 30) auf, selten als mehr faserige, wie bei *Cephalopoden*, im Mantel der Muscheln, im Stiele der *Lingulen* und *Cirrhipeden*, bei den *Echinodermen*. Auch Fettzellen kommen bei niederen Thieren nicht in der Menge und Ausdehnung vor, wie bei höheren Geschöpfen. Das

feste Bindegewebe wird hier vertreten durch knorpelartige oder wenigstens festere einfache Bindesubstanz, durch eine aus Cellulose bestehende Substanz, durch kalkige oder hornige Theile. Die Chitingebilde der *Arthropoden* sind kein Bindegewebe, sondern Kutikularbildungen (s. meine Abh. üb. diese in Würzb. Verh. VIII. und *E. Häckel* in *Müll.* Arch. 1857).

Was den Bau des Bindegewebes anlangt, so liegen die Sachen jetzt so, dass es nicht mehr nöthig ist, *Reichert's* Ansicht, dass die Fibrillen Kunsterzeugnisse seien, ausführlicher zu bekämpfen, indem zu den früher schon bekannten Thatsachen, namentlich der leichten Darstellbarkeit der Fibrillen, der Sichtbarkeit derselben an Querschnitten des festen Bindegewebes, nun auch noch eine Zahl neuer von *Henle*, *Rollet* und *W. Müller* ermittelter Umstände gekommen sind. Nach *Henle* (Jahresb. v. 1857) isoliren sich die Fibrillen sehr schön nach wiederholt abwechselnder Behandlung des Bindegewebes mit Reagentien, die es aufquellen und wieder schrumpfen machen, wie verdünnte und konzentrirte Salpetersäure und Salzsäure. Dasselbe erreichte *Rollet* dadurch, dass er bindegewebige Theile 6—8 Tage in Kalkwasser und 4—6 Stunden in Barytwasser liegen liess, wodurch die Substanz ausgezogen wird, die die Fibrillen verkittet. *W. Müller* endlich (Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. X.) hat gezeigt, dass die Agentien, welche die fibrilläre Struktur nicht ändern, auch die optischen Eigenschaften (die optische Achse liegt beim Bindegewebe in der Längsrichtung der Fibrillen und ist das Gewebe positiv doppelt brechend) nicht merklich beeinträchtigen, die Stoffe dagegen, die den Bau scheinbar aufheben und ein gleichartiges Ansehen veranlassen, eine beträchtliche Verminderung des Doppelbrechungsvermögens setzen.

Meine Stellung zu der Frage von der Entwickelung des Bindegewebes überhaupt habe ich schon in § 29 im Allgemeinen bezeichnet und erwähne hier nur noch Folgendes. *Schwann's* Ansicht, dass die Fasersubstanz des Bindegewebes aus Zellen hervorgehe, welcher auch ich früher anhing, stützte sich darauf, dass in embryonalem Bindegewebe schöne spindelförmige Zellen vorkommen, die mehr minder deutlich streifig sind und leicht für Entwickelungsstufen von Bindegewebsbündeln genommen werden können. Eine genauere Verfolgung dieser Zellen bei Embryonen hat mich nun aber gelehrt, dass dieselben sammt und sonders in die zelligen Elemente des reifen Bindegewebes übergehen, und in die Abtheilung der Bindesubstanzzellen oder Bindegewebskörperchen gehören, während die faserige Grundsubstanz als anfänglich formlose Zwischensubstanz sich entwickelt. Zweifel an der Richtigkeit dieser Auffassung konnten nur die Fälle erwecken, in denen im Bindegewebe zellige Elemente in wirkliche Fasergerüste scheinbar bindegewebiger Natur übergehen. Etwas der Art findet sich in den follikulären Drüsen, deren Fasergerüst von *Henle* in der That für Bindegewebe erklärt wird, ferner in der Retina, wo nach *H. Müller* schöne Zellen in kernlose Fasernetze sich umbilden, die *M. Schultze* ebenfalls als Bindegewebe deutet, endlich bei den Bindegewebsbündel verschiedener Gegenden umspinnenden Fasern (Fig. 89). Ich habe jedoch gezeigt, dass alle diese Gerüste und Fasernetze chemisch ganz anders als Bindegewebe sich verhalten, sowie dass die Zellen, aus denen dieselben unzweifelhaft hervorgehen, mit den Bindegewebskörperchen übereinstimmen, und glaube daher vollkommen im Rechte zu sein, wenn ich diesen Thatsachen jede Beweiskraft zu Gunsten der *Schwann*'schen Lehre abspreche.

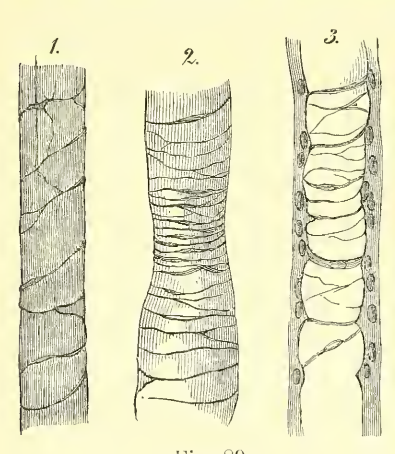


Fig. 89.

Fig. 89. Drei Bindegewebsbündel mit umspinnenden Bindesubstanzzellen aus der *Arachnoidea cerebri* eines Neugeborenen, 350 Mal vergr., mit Essigsäure. 1. Bündel ohne Hülle mit spärlichen Zellen. 2. Ein solches mit dichtstehenden Zellen. 3. Bündel mit kernhaltiger Hülle von homogenem Bindegewebe.

Litteratur. *Zelinsky*, De telis collam edentibus. Dorp. 1852. Diss.; *A. Rollet*, Unters. ü. d. Struktur des Bindegewebes, Wiener Sitzungsber. Bd. 30; *A. Baur*, die Entwickl. d. Bindesubstanz. Tübingen 1858; *M, Lieberkühn* in *Müll.* Arch. 1860. St. 824; *A. Weismann*, Ueber den feinen Bau des menschl. Nabelstranges in Zeitschr. f. rat. Med. 1860. Bd. XI. St. 140; *Heidenhain* in Studien des Inst. zu Breslau 1861. St. 196; *Béla Mashik*, Beitr. z. Kenntniss des Sehnengewebes in Sitzungsber. d. Wien. Akad. Bd. 34; *Ludwig* u. *Schweigger-Seidel*, die Lymphgefässe der Fascien und Sehnen. 1872; *Ciaccio* in Mem. di Bologna I. II. 1872; *A. Rollet* in Unters. 3. H. 1873; *Spina* in Wien. med. Jahrb. 1873; *Waldeyer*, über Bindegewebszellen (sein Arch. XI); *Ranvier* im Arch. d. phys. 1874; *Flemming* im Arch. f. mikr. Anat. 1870, 71, 76, in *Virch.* Arch. 1872, Arch. f. Anat. v. *His* und *Braune* 1879; *L. Löwe* in *His*' u. *Braune's* Arch. 1878; *Unna* in Monatsh. f. Dermatol. 1882; *Frommann* in Jen. Zeitschr. Bd. 17; *Kölliker*, Anat. Anz. 1886. Ausserdem vergleiche man die in den §§ 29—32 und 34 citirten Abhandlungen.

§ 34.

Knochengewebe. In morphologischer Beziehung besteht das Knochengewebe wesentlich aus einer weissen, durch innige Verbindung mit Kalksalzen, harten und spröden Grundsubstanz und vielen in dieselbe eingestreuten mikroskopischen, 13—31 μ langen, 6—15 μ breiten und 4—9 μ dicken Höhlungen, den Knochenhöhlen, *Lacunae ossium* (Knochenkörperchen der Autoren). Die Knochenhöhlen sind meist linsenförmig von Gestalt und stehen durch sehr zahlreiche feine Ausläufer, die Knochenkanälchen (*Canaliculi ossium*), mit einander in Verbindung und münden auch z. Th. durch dieselben an der äusseren Oberfläche der Knochen und in die grösseren und kleineren Mark- und Gefässräume im Innern aus. Jede Knochenhöhle sammt ihren Ausläufern enthält eine sternförmige Zelle, die Knochenzelle, mit hellem Inhalte, welcher bei der Ernährung der Knochen eine Rolle spielt, und in demselben in vielen Fällen, vielleicht immer, einen Zellenkern. Ausser diesen zwei wichtigsten Elementen, den Zellen und der Grundsubstanz, welche in keinem Knochen höherer Thiere fehlen, besitzen alle Knochen noch eine sie umschliessende, gefäss- und nervenreiche Haut, die Beinhaut, *Periostium*, und die meisten auch noch im Innern zahlreiche Gefässe und Nerven, sowie häufig eine besondere, dieselben tragende Substanz, das Knochenmark, welches entweder aus gewöhnlichem Fettgewebe oder aus einem lockeren spärlichen Bindegewebe mit wenigen Fettzellen und vielen besonderen sogenannten Markzellen zusammengesetzt ist. Diese Weichtheile erfüllen die grösseren Höhlungen im Innern der Knochen und in der schwammigen Substanz, finden sich aber auch, zum Theil wenigstens, in engern, die feste Substanz durchziehenden Röhren, den Gefäss- oder *Havers*ischen Kanälen, die an der äusseren und inneren Oberfläche der Knochen vielfach ausmünden.

Die Knochengrundsubstanz besteht aus einem innigen Gemenge einer leimgebenden Substanz, welche mit der Substanz des Bindegewebes vollkommen übereinstimmt, und anorganischen Verbindungen, unter denen die Erdsalze und vor Allem phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk die Hauptrolle spielen. Behandelt man die Knochen mit Säuren, so bleiben dieselben in der Form genau erhalten und stellen nun eine knorpelartige, graugelbe, schneidbare Masse, den sogenannten Knochenknorpel dar, der wesentlich aus der leimgebenden Substanz der Knochen besteht. Auf der anderen Seite können auch die Erd-

salze in der Form der Knochen zusammenhängend erhalten werden, wenn man die Knochen vorsichtig glüht (kalcinirt), in welchem Falle dieselben weiss, spröde und brüchig erscheinen. Nahezu Aehnliches bewirkt auch lange Einwirkung von Wasser, wie manche fossile Knochen lehren.

Die Knochengrundsubstanz besteht überall, wie das Bindegewebe, aus Fibrillen, deren Anordnung so ist, dass zwei Hauptformen derselben, feinfaserige und grobfaserige, unterschieden werden müssen. Mit diesen Unterschieden hängt auch noch der zusammen, dass die feinfaserige Grundsubstanz allein deutliche Lamellen bildet, während solche in der anderen fehlen. Nach diesem Verhalten kann man das Knochengewebe in zwei Hauptabarten 1. das lamellöse Knochengewebe und 2. die grobfaserige Knochensubstanz trennen. Weitere Unterschiede ergeben sich aus dem Umstande, dass viele Knochentheile unverkalkte Bindegewebsfasern, sogenannte *Sharpey*'sche Fasern (*perforating fibres*) enthalten. Solche finden sich in der grobfaserigen Knochensubstanz ohne Ausnahme in Menge, beim lamellösen Knochengewebe fehlen sie dagegen in bestimmten Gegenden, während sie in anderen reichlich vorkommen und sondert sich dieselbe so in zwei Unter-

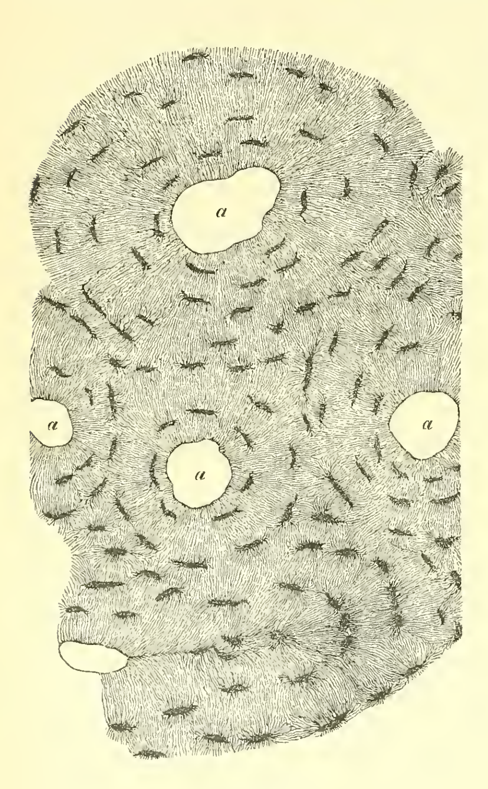


Fig. 90.



Fig. 91.

Fig. 90. Aus einem Querschliffe der Diaphyse des *Humerus*, 350 Mal vergr. *a Havers*ische Kanäle. *b* Knochenhöhlen mit ihren Kanälen in den Lamellen derselben. *c* Knochenhöhlen der interstitiellen Lamellen. *d* Solche mit einseitig abgehenden Strahlen an der Oberfläche *Havers*ischer Systeme.

Fig. 91. Knochenhöhlen von der Fläche mit den Knochenkanälchen, aus dem Scheitelbeine, 450 Mal vergr. Die Pünktchen auf den Höhlen oder zwischen denselben gehören durchschnittenen Kanälchen an, oder sind die Mündungen solcher in die Höhlen.

formen: a) Das rein lamellöse Knochengewebe und b) den lamellösen Faserknochen. In jeder Form des Knochengewebes sind die Erdsalze, abgesehen von den unverkalkten *Sharpey*'schen Fasern, an die leimgebende Substanz gebunden. Bezüglich auf das Vorkommen, so bestehen die Knochen des ausgebildeten Skelettes, wenige Ausnahmen abgerechnet, aus beiden Abarten des lamellösen Knochengewebes, während die grobfaserige Knochensubstanz für die Knochen des Fötus und Neugeborenen, im Allgemeinen für die erste Anlage der Knochen bezeichnend ist. — Ein besonderes nur im lamellösen Faserknochen gefundenes, nicht wichtiges Element der Knochensubstanz sind unverkalkte elastische Fasern.

Das chemische Verhalten der Knochenzellen ist nicht genauer bekannt; wahrscheinlich enthalten dieselben vor Allem Eiweiss, Fett und Salze, wie das *Protoplasma*. Aus allen Knochen lassen sich, wie *Virchow* zuerst entdeckte, nach dem Ausziehen der Salze, durch Erweichen derselben in Säuren und kaustischen Alkalien, sowie durch Kochen in Wasser sternförmige Bildungen von der Form und Grösse der Knochenzellen für sich darstellen, welche, ausser den Zellen, aus einer zarten, aber festen, ihre Form genau wiederholenden Kapsel der Grundsubstanz bestehen (*Neumann*) und *Virchow*'sche Knochenkapseln heissen können.

Die Knochen dienen dem Körper durch ihre Festigkeit und Härte als Stützpunkt der Weichtheile und zur sicheren Umschliessung derselben, ausserdem noch in besonderer Weise, wie z. B. die Gehörknöchelchen und die Labyrinththeile, die die Schallwellen leiten.

Die Entwickelung des Knochengewebes ist ein verwickelter Vorgang, bei dem vorübergehende und bleibende Bildungen zu unterscheiden sind. Die vorübergehenden Bildungen sind: Hyaliner Knorpel und verkalkter Knorpel einerseits und faseriges Bindegewebe und grobfaserige Knochensubstanz andererseits, die bleibenden: die lamellöse Knochensubstanz, die in beiden Fällen an die Stelle der anderen Gewebe tritt, und selbständig aus einem Gewebe sich entwickelt, das als einfache Bindesubstanz zu bezeichnen ist. Wenn Knochen aus Knorpeln entstehen, was mit dem Namen enchondrale Ossifikation bezeichnet wird, so wandeln sich die letzteren zuerst in eine Art Knorpelknochen um, indem ihre Grundsubstanz Kalk aufnimmt und zugleich die Knorpelzellen sich vergrössern und unter wiederholten Theilungen wuchern. In diese weiss aussehenden „Ossifikationspunkte“ wachsen gefäss- und zellenreiche Fortsätze der Knorpelhaut ein und bringen einen Theil des verkalkten Knorpels zum Schwinden, so dass derselbe nur noch aus netzförmig verbundenen Balken, den Resten der Knorpelgrundsubstanz, besteht, während die Knorpelzellen zerstört und die Knorpelhöhlen in weitere buchtige Räume umgewandelt werden. An den Wänden dieser ordnen sich nun ein Theil der Zellen der perichondralen Fortsätze epithelähnlich an und aus diesen „*Osteoblasten*“ (*Gegenbaur*) geht dann echte lamellöse Knochensubstanz hervor, indem die Zellen, die als Bindesubstanzzellen aufzufassen sind, unter gleichzeitiger Abscheidung einer Zwischensubstanz, die zur Knochengrundsubstanz sich gestaltet, nach und nach durch Bildung von Ausläufern in die sternförmigen Knochenzellen sich umwandeln. Derselbe Vorgang ergreift nach und nach den ganzen Knorpel und

wandelt denselben rascher oder langsamer, je nachdem derselbe kürzer oder länger mit fort wuchert, in lamellösen Knochen um.

Verknöchert faseriges Bindegewebe, wie bei den Periostablagerungen aller fötalen Knochen und der ersten Entwickelung der meisten Schädelknochen, so geht dasselbe, verschieden von dem Knorpel, ohne weiteres und unmittelbar in wirklichen Knochen über, indem seine rundlichen Bindegewebszellen zu den sternförmigen Knochenzellen sich umwandeln und seine Fasersubstanz durch Annahme von Kalksalzen zum Theil zur harten Grundsubstanz sich gestaltet, z. Th. weich bleibend als *Sharpey*'sche Fasern sich erhält, doch zeigt sich auch in diesem Falle, dass die ursprüngliche, hier als grobfaserige Knochensubstanz erscheinende Bildung wieder aufgezehrt (resorbirt) wird, um einer zweiten Bildung Platz zu machen, die theils von der Beinhaut, theils aus dem Marke dieser Knochen entsteht. Im letzteren Falle bildet sich einfach der typische lamellöse Knochen aus im Marke sich entwickelnden *Osteoblasten*, im ersteren erzeugen die Bindegewebszellen der Beinhaut eine epithelähnliche *Osteoblasten*-Schicht, die wie am anderen Orte lamellöse Knochensubstanz entwickelt, während zwischen denselben befindliche Bindegewebsbündel unverkalkte *Sharpey*'sche Fasern liefern, so dass hier lamellöser Faserknochen auftritt.

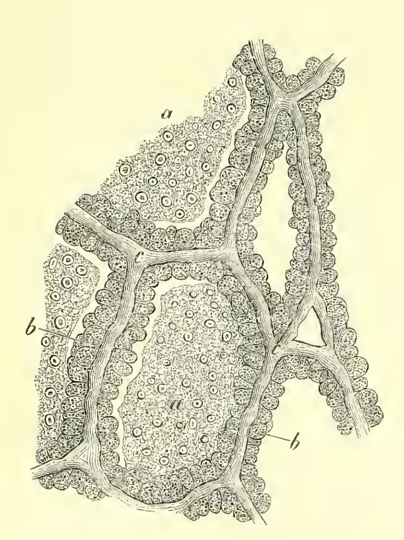


Fig. 92.

Ausser in der angegebenen Weise entsteht das Knochengewebe auch noch, wie *Gegenbaur* zuerst mit Recht hervorgehoben hat, wie z. B. bei den Gesichtsknochen der Säuger (Figur 92), unmittelbar aus einem weichen zelligen Gewebe, ohne dass Knorpel oder Bindegewebe als Vorläufer auftreten, in welchem Falle die Zellen wie die Knochenbildungszellen in den anderen Fällen sich verhalten. Ferner kann auch Knorpel sowohl normal als pathologisch zu einem verkalkten Gewebe mit sternförmigen Höhlen sich umbilden (metaplastische Verknöcherung, *Strelzoff*), das von echtem Knochen wenig abweicht.

Eine grosse Rolle spielen bei der Knochenentwickelung Resorptionsvorgänge, die theils den Knorpel, theils die schon gebildete Knochensubstanz betreffen und für die Bildung der Höhlen im Innern, der Kanäle und Löcher und Gruben und der Gesammtform der Knochen von der grössten Bedeutung sind. Die Organe dieser Resorption sind, wie ich gezeigt habe, die längst bekannten vielkernigen Riesenzellen (*myeloplaxes Robin*) des Markes und der Beinhaut, die ich deshalb *Ostoklasten* (Knochenzertrümmerer) nannte, welche die Knochensubstanz wahrscheinlich chemisch lösen und stets in besonderen Grübchen, den *Howship*'schen Lakunen, liegend gefunden werden.

Fig. 92. Aus dem Unterkiefer eines Kalbsfötus von 16,2 cm, 300 Mal vergr. *a* Mark mit Blutgefässen, *b Osteoblasten*, *c* junge noch zellenfreie Knochenbalken.

Der Stoffwechsel der Knochen ist sehr lebhaft und wird einmal durch die Gefässe der sie überziehenden Beinhaut, und, wenn solche da sind, auch durch diejenigen im Mark und in den Gefässkanälchen vermittelt. Die Knochen haben eine grosse Wiedererzeugungsfähigkeit und heilen leicht zusammen, ja es ersetzen sich grössere Verluste, selbst ganze Knochen, wenn die Beinhaut derselben geschont wird, welche nach *Ollier's* merkwürdigen Versuchen selbst an andere Stellen versetzt noch Knochen erzeugt; auch zufällige Knochenbildung ist sehr gewöhnlich.

Das Knochengewebe findet sich einmal in den Knochen des Skeletes, zu denen auch die Gehörknöchelchen und das Zungenbein gehören, zweitens in den Knochen des Muskelsystems, wie den Sesambeinen und den Verknöcherungen von Sehnen, drittens in der Knochenkruste (*Substantia osteoidea*) oder dem Cement der Zähne. Manche Knorpel verknöchern ziemlich regelmässig im Alter, wie die Rippen- und Kehlkopfsknorpel. Beim Fötus und Neugeborenen wiegt das grobfaserige Knochengewebe vor, welches dagegen beim Erwachsenen nur noch an wenigen Stellen (Nähte, Ansatzstellen von Bändern, Sehnen etc.) sich findet. Rein lamellöses Gewebe erscheint sehr früh bei der ersten enchondralen Ossifikation und bildet beim Erwachsenen die Lamellen um die Gefässkanäle herum (*Havers*'sche Lamellen) und die inneren Grundlamellen, während hier alle äusseren Grundlamellen und die interstitiellen Lamellen aus lamellösem Faserknochen bestehen.

Als Abart des Knochengewebes lässt sich das Zahnbein oder Elfenbein betrachten, in welchem statt vereinzelter Knochenhöhlen lange Röhrchen, die Zahnröhrchen, sich finden und ausserdem auch in chemischer Beziehung einige Abweichungen sich ergeben. Die Entwickelungsgeschichte des Elfenbeines führt dahin, dasselbe für eine Knochensubstanz zu halten, deren Zellen zu langen Fasern ausgewachsen sind, die durch feine Ausläufer mit einander zusammenmünden, eine Auffassung, welche auch die zahlreichen, bei Thieren zu beobachtenden Uebergänge zwischen dem wahren Elfenbein und dem Knochengewebe erklärt (s. unten bei den Zähnen).

Bei den Wirbelthieren sind Knochen weiter verbreitet als bei dem Menschen, und finden sich solche in der Haut (Gürtelthiere, Schildkröten, Eidechsen z. Th., gewisse Batrachier, Fische), im Herzen (der Herzknochen der Wiederkäuer und Pachydermen, von *Emys europaea* [*Bojanus*]), im Muskelsysteme (Zwerchfellknochen des Kameeles, Lama und Igels, ossifizirte Sehnen der Vögel, Gräten der Fische), im Auge (Sklerotikalring), in der äusseren Nase (Rüsselknochen der Schweine und Maulwürfe, *Os praenasale* der Faulthiere), in der Zunge (*Os entoglossum* der Fische und Vögel), in den Respirationsorganen (Kehlkopfs-, Tracheal- und Bronchialknochen vieler Vögel), in den Geschlechtsorganen (Penisknochen der Säuger), im Knochensysteme (*Ossa sternocostalia* der Vögel und einiger Säugethiere). Die Knochenzellen sind bei Thieren meist wie beim Menschen, doch zeichnen sich dieselben an vielen Orten (Fische, Amphibien z. Th.) durch eine grosse Länge aus, an anderen durch die geringe Entwickelung ihrer Ausläufer (*Sclerotica* von *Thynnus*, *H. Müller*). Knochen ohne Knochenzellen oder das von *mir* sogenannte osteoide Gewebe finden sich nach meinen Erfahrungen bei sehr vielen Fischen (fast allen Acanthopterygiern und vielen Weichflossern), dafür treten hier sehr häufig Zahnröhrchen auf. Ausserdem finden sich bei Fischen noch eigenthümliche Formen von Knochengewebe, wie namentlich ein Gewebe, *Osteodentine*, das Zahnröhrchen und Knochenzellen zu gleicher Zeit zeigt (Schuppen und Knochen vieler Ganoiden). — Bei Wirbellosen findet sich nirgends echter

Knochen und dienen hier als Ersatz 1. die sogenannten Kalkskelete, die vorwiegend aus kohlensaurem Kalke bestehen und als Inkrustationen von formlosen Geweben und Zellenparenchymen, als festwerdende Ausscheidungen von Kalk oder als Ablagerungen von Kalkkonkretionen in verschiedene Gewebe auftreten, und 2. Kieselgerüste (Spongien, gewisse Protisten). — Die Verbreitung der Zähne ist auf die drei bekannten Wirbelthierklassen beschränkt. Bei den Plagiostomen kommen den Zähnen im Bau ganz gleiche Gebilde auch als Stacheln in der Haut vor.

Den Bau der Knochen anlangend, so ist hier noch zu bemerken, dass *Sharpey*sche Fasern nach meinen Erfahrungen bei Thieren sehr verbreitet sind und namentlich bei Fischen und Amphibien vorkommen.

In rachitischen Knochen gehen, wie ich im Jahre 1847 gezeigt und wie später *Virchow, Rokitansky, H. Müller* u. A. bestätigt haben, die Knorpelzellen in eigenthümliche, den wahren Knochenzellen ähnliche Bildungen über, nur dass dieselben von den verknöcherten Knorpelkapseln umgeben sind, an denen gleichzeitig mit der Umbildung der Knorpelzellen zu sternförmigen Zellen, oder schon vorher Porenkanälchen auftreten, ähnlich denen, die in verholzenden Pflanzenzellen sich bilden. Der aus diesen Beobachtungen gezogene Rückschluss auf die regelrechte Verknöcherung beim Menschen, dem fast alle Histiologen Beifall zollten, ergiebt sich jedoch nach *H Müller's* Untersuchungen als nicht begründet, indem bei diesen die Knorpelkapseln und Zellen in der grossen Mehrzahl der Fälle an der Bildung der Knochenzellen keinen Antheil nehmen. Dagegen giebt es beim Menschen und bei Thieren Fälle, wo Knorpel oder ein dem Knorpel so nahe stehendes Gewebe, dass es sich von solchem nicht unterscheiden lässt, unmittelbar zu echtem Knochen mit sternförmigen Zellen wird, und zwar 1. am Unterkiefer und 2. bei der Verknöcherung des Rehgeweihes, an welchem letzteren Orte, wenn ich recht gesehen habe, die verknöchernden Zellen selbst Kapseln erhalten, an denen erst Porenkanälchen auftreten, bevor die eingeschlossenen Zellen sternförmig werden. Auch im verkalkten Knorpel der Plagiostomen kommen Bildungen vor, die von Knochenzellen nicht mehr weit sich unterscheiden und endlich habe ich im Cemente von *Hydrochaerus Capybara* ein Knochengewebe gefunden, das durch die geringe Menge und den stellenweise vollständigen Mangel einer Grundsubstanz, und die grossen Knochenhöhlen mit wenig entwickelten Ausläufern von verkalktem Knorpel kaum abweicht. Demzufolge scheint die scharfe Grenze, die *H Müller* zwischen verkalktem Knorpel und echtem Knochen zog, ebenso wenig durchgreifend zu sein, wie die, die man früher zwischen Bindegewebe und Knorpel aufstellte.



Fig. 93.

Litteratur. *Deutsch*, De penitiori ossium structura observationes. Vrut. 1834. Diss.; *Miescher*, De inflammatione ossium eorumque anatome generali. Accedunt observat. auct. *J. Müller*. Berol. 1836; *Tomes*, Artikel „Osseous tissue" in Cyclop of Anat. III; *Kölliker*, Ueber Verknöcherung bei Rachitis in Mitth. der Zürich. nat. Ges. 1847. p. 73; *H. Meyer*, Der Knorpel u. s. Verknöch. in *Müll.* Arch. 1849. p. 292; *Bruch*, Beitr. z. Entw. d. Knochensystems, Denkschr. d. schweiz. nat. Ges. XII. 1853; *Virchow*, Das normale Knochenwachsthum und die rach. Stör. desselben in s. Arch. V. p. 409; *J. Tomes and Campbell de Morgan* Obs. on the struct. a. developm. of bone in Phil. trans. 1853. I. p. 109; *H. Müller*, Beiträge zur Kenntniss der Entwickl. d. Knochengewebes in Zeitschr. f. wiss. Zool. IX. Heft 2; *Kölliker*, Ueber verschiedene Typen in der mikr. Struktur des Skeletes der Knochenfische, Würzb. Verh. IX. p. 257; über die grosse Verbr. d. perforating fibres von *Sharpey* in Würzb. naturh. Zeitschr. I. 306; *H. Müller*, Ueber *Sharpey's* durchbohrende Fasern der Knochen in Würzb. naturh. Zeitschr. I. 296, ebend. Bd. IV. p. 29; *Lieberkühn* in *Müll.* Arch.

Fig. 93. Sechs in der Entwickelung begriffene, noch von der Grundsubstanz scharf abgegrenzte Knochenkapseln aus einem rachitischen Knochen. *a* Einfache Knochenkapseln, *b* zusammengesetzte, einer Mutterkapsel mit zwei Tochterkapseln entsprechend, *c* eben solche aus drei Kapseln entstanden, 300 Mal vergr.

1860. p. 824, 1862. p. 702, 1863. p. 614, 1864. p. 598, 1865. p. 404; *E. Neumann*, Beitr. z. Kenntn. d. norm. Zahnbein- und Knochengewebe. Leipz. 1863; *C. Gegenbaur* in Jenaische Zeitschr. Bd. I. p. 343; *W. Waldeyer* in Arch. f. mikr. Anat. I. St. 354; Unters. ü. d. Entw. d. Zähne in Königsb. med. Jahrb. Bd. 4. St. 236 (auch separat Danzig 1864) und in *Henle's* Zeitschr. Bd. 24. St. 169; *L. Landois* im Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1865. Nr. 16, 18 und in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 16. *Chr. Lovén* in Würzb. Verh. Bd. IV; *Lieberkühn* in Marb. Ber. 1872; *Stieda*, Die Bild. d. Knochengew. 1872; *Kölliker*, Die norm. Resorption des Knochengewebes 1873; dann in Würzb. Verh. 1874; *Wegner* in *Virch.* Arch. Bd. 61. 62; *Strelzoff*, Ueber die Histogenese des Knoch. 1873; Stud. ü. Knochenwachsthum in Unters. a. d. path. Inst. z. Zürich. II. 1874 u. Berl. kl. Wochenschr. 1875. Nr. 34; *Gudden*, Unters. ü. d. Schädelwachsthum. 1874; *J. Wolff*, *Virch.* Arch. Bd. 50, 61, 101 (Interst. Knochenwachsthum, Architektur), Unters. ü. d. Entw. d. Knocheng. 1875; *Aeby*, Naturf.-Vers. in Hamburg. 1876; *Schwalbe* in *His'* u. *Braune's* Zeitschr. Bd. I. 1876 (*For. nutritia*); *v. Ebner*, Wien. Ber. 1875. Bd. 72, und Mikr. Arch. Bd. 29; *F. Busch* in *Langenb.* Arch. Bd. 31. S. 1 (Bildung u. Resorption, gute histor. Uebersicht); *Schwalbe* in *His'* u. *Braune's* Zeitschr. Bd. II. 1877 (Lymphwege), in Jenens. Ber. 1878 (Wachsthum); *G. Pommer* in Wien. Sitzungsber. Bd. 83. 1881, und in *Virch.* Arch. 1883 (Resorption), und Unters. ü. *Osteomalacie* u. *Rachitis* etc. 1885; *Kassowitz*, Normale Ossifikation. 1881; *Virchow*; Berl. kl. Wochenschr. 1875 (Wachsthum); *Brösike* in Mikr. Arch. Bd. 21 und 26, *Kölliker* in Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 44. Ausserdem die in § 31 und 34 angeführten Arbeiten von *Hoppe*, *Beneke* und *Aeby*.

III. Muskelgewebe.

§ 35.

Allgemeine Eigenschaften desselben. Je weiter unsere Kenntnisse der zusammenziehungsfähigen Gewebe fortschreiten, um so mehr ergiebt sich, dass die scharfe Trennung, die man früher zwischen glatten und quergestreiften, animalen und vegetativen Muskelfasern angenommen hat, nicht länger festgehalten werden kann. Einmal kann jetzt als ausgemacht angesehen werden, dass der alte Satz, dass die Elemente der glatten Muskeln der Wirbelthiere einer einzigen Zelle entsprechen, die der animalen Muskeln dagegen einer verschmolzenen Reihe von solchen nicht stichhaltig ist, indem alle quergestreiften Muskelfasern von Wirbelthieren, abgesehen von denen des Herzens der Säuger, den Werth einfacher Zellen haben. Ferner wissen wir jetzt, dass die Querstreifung und das Vorkommen von Fibrillen nicht ausschliessliche Eigenschaft der vielkernigen Muskelfasern ist, indem auch einfache kürzere Zellen [*Endocard* der Wiederkäuer, Herz von Säugern und Vögeln, und Faserzellen von der Beschaffenheit derer der glatten Muskeln wie im *Truncus arteriosus* des Salamanders, im Herzen der nackten Amphibien und Fische, den Malpighischen Gefässen von Insekten (*ich*), den Muskeln von Mollusken, (*Leydig*)] Querstreifung darbieten, ferner eine fibrilläre Struktur bei vielen einkernigen Muskelzellen beobachtet worden ist. Da nun auch die Physiologie einer Trennung entgegen ist, indem kaum bezweifelt werden kann, dass die wesentlichen Unterschiede, die in den animalen und vegetativen Muskeln sich finden, nicht aus dem Mangel oder der Anwesenheit einer Querstreifung oder von Fibrillen, sondern aus Beziehungen zum Nervensysteme sich erklären und selbst in chemischer Beziehung keine Unterschiede zwischen den verschiedenen bewegungsfähigen Elementen bekannt sind, so folgt wohl mit Sicherheit, dass man allen Grund

hat, dieselben in Eine Abtheilung zusammenzustellen. Immerhin scheint es mir, namentlich mit Rücksicht auf den Menschen und die höheren Thiere, gerechtfertigt, als Unterabtheilungen dieser die bekannten zwei beizubehalten und als Eintheilungsgrund die Entwickelung zu benutzen, die ich schon bei meinen ersten Untersuchungen über die glatten Muskeln voranstellte. Wenn nämlich auch in den Formen der bewegungsfähigen Elemente eine grosse Mannigfaltigkeit herrscht, so ist doch einleuchtend, dass die überwiegend grosse Mehrzahl derselben in zwei Abtheilungen zerfällt, 1. meist kürzere einzellige Fasern, die nur Einen Kern enthalten und 2. gewöhnlich längere, vielkernige Elemente, die, obschon vom Werthe einfacher Zellen, doch ihrer zahlreichen Zellenkerne wegen wenigstens physiologisch eine ganze Zellenreihe darstellen. Da nun an die Länge der Fasern und die Zahl der Kerne offenbar die wichtigsten Unterschiede, die, abgesehen von den Beziehungen zum Nervensysteme, zwischen den Muskeln herrschen, gebunden sind, vor allem der, dass die einen Muskeln mit ihren kleinsten Abschnitten zu selbständigen Leistungen befähigt sind, die anderen nur zu ganzen Verkürzungen, so sehe ich mich um so mehr bewogen, als Unterabtheilungen des Muskelgewebes 1. die der Muskelzellen und 2. diejenige der Muskelfasern festzuhalten.

Das Muskelgewebe tritt in der Thierreihe in so verschiedenen Formen auf, dass es leicht begreiflich ist, dass bis anhin noch kein Einklang der Ansichten in Betreff der anatomischen Bedeutung derselben und ihrer zweckmässigsten Eintheilung sich ergeben hat.

Ich bemerke in dieser Beziehung Folgendes:

1. Durch die Untersuchungen gewisser Forscher, vor Allem von *mir* und *Weismann*, steht es fest, dass alle Muskelfasern der Wirbellosen, mit Ausnahme der Muskelfasernetze und der Arthropodenmuskeln, den Werth einkerniger Zellen besitzen.

2. Ebenso ist nun zur Genüge nachgewiesen, dass die einkernigen Muskelzellen der höheren und niederen Thiere nicht immer einen gleichartigen Bau darbieten, vielmehr im Innern ebenso differenzirt, d. h. quergestreift und fibrillär, sein können, wie die quergestreiften Muskelfasern.

3. Dass die quergestreiften Muskelfasern der Wirbelthiere den Werth einfacher vielkerniger Zellen haben, wie *Prevost-Lebert* und vor Allem *Remak* zuerst für den Frosch angegeben und *ich* für den Menschen bestätigt hatte, wird durch zahlreiche Erfahrungen neuerer Autoren in solchem Umfange erhärtet, dass diese Angelegenheit wohl ebenfalls als erledigt betrachtet werden darf.

4. Neben den ein- und mehrkernigen Muskelfasern vom Werthe einfacher Zellen giebt es auch Muskelelemente, die aus mehr weniger verschmolzenen Zellen bestehen und in Form von Netzen auftreten.

Solche Netze finden sich:

a) als Geflechte glatter Fasern bei Thieren, die nur einkernige Muskelfasern besitzen, wie im Herzen von Mollusken; den Füsschen der *Echinodermen*; den *Cirrhen* von *Anneliden* (*ich*); bei den *Acanthocephalen* und *Gephyreen* (*Schneider*).

b) als Netze quergestreifter Zellen bei Thieren, die vielkernige Muskelfasern haben (Herz von Vögeln und Säugethieren, viele Muskeln von *Arthropoden*, besonders am Darm und an Drüsen). Solche Netze zeigen bei den Wirbelthieren in den einen Fällen noch deutlich die sie zusammensetzenden Zellen, während dieselben andere Male kaum mehr oder nur schwer zu erkennen sind. Obschon in diesem Falle, wenn die Zellenkörper walzenförmig und ihre Ausläufer kurz und spärlich sind, die Theile dieser Netze quergestreiften vielkernigen Muskelfasern täuschend ähnlich werden, so reiht man diese Formen doch am besten an die einkernigen Muskelfasern an, da ihre Bestandtheile doch stets eine gewisse Selbständigkeit bewahren.

c) als Netze vielkerniger, quergestreifter Muskelfasern. Solche Netze hat *Flemming* zuerst bei den Larven der Urodelen vom Mundboden und Kiemengerüst beschrieben (Hauptwerk 73, Anm.). Bei Tritonen und Salamanderlarven bestehen diese Netze aus anastomosirenden, langen, vielkernigen, quergestreiften Fasern (Fig. 94) und sind sicher genetisch von der Herzmuskulatur verschieden.

5. Nach *Weismann* sollen die leicht in Fibrillen zerfallenden Flügelmuskeln der Insekten durch Verschmelzung vieler Zellen entstehen und daher wohl in der Form, nicht aber in der Entwickelung denen der Wirbelthiere gleichen, doch werden diese Angaben in neuester Zeit von *v. Rees* (Zool. Jahrb. v. *Spengel*, anat. Abth. Bd. III) beanstandet, der auch diese Muskelfasern von einkernigen Zellen ableitet.



Fig. 94.

Fasst man die wichtigsten über das Muskelgewebe ermittelten Thatsachen zusammen, so ergiebt sich folgende Formenreihe:

1. Einkernige einfache Muskelzellen von rundlicher Gestalt, Spindel- oder Sternform ohne und mit Querstreifung, ohne und mit Fibrillen.
2. Netze spindel- und sternförmiger Muskelzellen mit deutlichen Zellenkörpern mit und ohne Querstreifung.
3. Fasern und Fasernetze aus verschmolzenen rundlichen Zellen gebildet, deren einzelne Elemente wenig oder kaum mehr erkennbar sind.
4. Vielkernige lange quergestreifte Muskelfasern, die entweder für sich verlaufen oder netzförmige Verbindungen eingehen, Elemente, die der Genese nach einfachen Zellen entsprechen, physiologisch dagegen einer Summe von Zellen gleich zu achten sind.

Zwischen 1, 2 und 3 fehlen scharfe Grenzen, dagegen steht 4 ziemlich unvermittelt da, immerhin kann an das seltenere Vorkommen von 2—4 Kernen in den Faserzellen glatter Muskeln erinnert werden, so wie an den Umstand, dass nach *Gastaldi* die Muskelzellen im Herzen der Vögel, bevor sie untereinander verschmelzen, stets mehrkernig sind.

§ 36.

Gewebe der Muskelzellen oder der glatten Muskeln. Die glatten, auch vegetativen oder organischen Muskeln bestehen wesentlich aus mikroskopischen, meist spindelförmigen, an den Enden manchmal getheilten, längeren, seltener kurzen und mehr breiten, walzenförmigen oder leicht abgeplatteten Fasern, den von mir sogenannten kontraktilen oder muskulösen Faserzellen. Dieselben besitzen im Mittel eine Länge von 100—200 μ und eine Breite von 4—6 μ, während die kürzesten Muskelzellen der Aortenwand

Fig. 94. Netze quergestreifter Muskelfasern vom Kiemengerüste von einer Larve von Triton. Ger. Vergr.

bei 22—45 μ Länge, 9—13 μ Breite besitzen und ganz platt sind, die längsten im *Uterus gravidus,* im *Vas deferens* und in der Darmwand bei mehr spindelförmiger Gestalt 500—560 μ in der Länge und in den zwei ersten Orten bis 22 μ in der Breite messen. Jedes dieser Elemente hat die Bedeutung einer verlängerten Zelle und lässt auch in gewissen Fällen einen deutlichen Unterschied zwischen Inhalt und Hülle erkennen (*Uterus gravidus, Vas deferens,* Wirbellose). Den Inhalt hielt man früher für gleichartig, nun wurde aber besonders von *Engelmann* und *mir* nachgewiesen, dass derselbe in vielen Fällen aus feinsten ungegliederten Fibrillen und einer Zwischensubstanz besteht, die unter Umständen auch interstitielle Körnchen enthält und wird es so wahrscheinlich, dass alle kontraktilen Faserzellen einen verwickelteren Bau besitzen, als man früher ahnte. Diese Faserzellen, die ohne Ausnahme in der Mitte einen meist stäbchenförmigen langen, aber schmalen, seltener länglich runden Zellenkern mit einem oder mehreren Kernkörperchen enthalten, vereinen sich unter Mitwirkung eines nicht unmittelbar zu beobachtenden Bindemittels oder von zartem Bindegewebe zu platten oder rundlichen Strängen, den Bündeln der glatten Muskeln, welche dann durch Hüllen von Bindegewebe und feinen elasti-





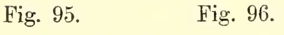


Fig. 95. Fig. 96. Fig. 97.

schen Fasern, eine Art Perimysium, zu grösseren Abtheilungen sich vereinen, in denen zahlreiche Gefässe und eine verhältnissmässig geringe Zahl von Nerven sich ausbreiten. In chemischer Beziehung bestehen die Faserzellen der glatten Muskeln aus einer stickstoffhaltigen, dem Faserstoff ver-

Fig. 95. Muskulöse Faserzelle aus dem Dünndarme des Menschen.

Fig. 96. Muskulöse Faserzelle aus der fibrösen Hülle der Milz des Hundes, 350 Mal vergrössert.

Fig. 97. Querschnitte glatter Muskelzellen des *Vas deferens* des Menschen zur Demonstration der Fibrillen in denselben. In einzelnen der sehr verschieden dicken Fasern sind die Kerne im Querschnitte sichtbar; die Zwischensubstanz ist Bindegewebe. Stark vergr.

wandten Substanz, dem sogenannten Muskelfibrin oder *Syntonin* (*Lehmann*), welches nach den bisherigen Erfahrungen von dem Blutfaserstoffe nur dadurch sich unterscheidet, dass es in Salpeterwasser und kohlensaurem Kali nicht, wohl aber in verdünnter Salzsäure und zwar sehr leicht sich auflöst. Im polarisirten Lichte untersucht, sind die glatten Muskelfasern in ihrer ganzen Länge positiv einachsig doppelt brechend mit der Achse in der Längsrichtung der Fasern. Die physiologische Bedeutung der glatten Muskeln liegt in ihrem Zusammenziehungsvermögen, durch welches dieselben namentlich die Verrichtungen der Eingeweide sehr wesentlich unterstützen und an denselben, vermöge der Kürze ihrer Elemente, auch ganz örtliche Formveränderungen bedingen. Der Stoffwechsel darf in den glatten Muskeln als lebhaft angenommen werden, wie vor Allem die Untersuchungen über die die glatten Muskeln durchziehende Flüssigkeit lehren, die neben Milchsäure, Essigsäure und Buttersäure auch Kreatin und Inosit enthält, ausserdem aber auch das häufige Vorkommen physiologischer (im Uterus) und pathologischer Hypertrophien und Atrophien derselben beweist.

Wiedererzeugung glatter Muskeln haben *Stilling* und *Pfitzner* am Magen von *Triton* gesehen und ging die Ersetzung der entfernten Muskulatur durch karyokinetische Theilungen der benachbarten Muskelfasern vor sich (Mikr. Arch., Bd. 28, 1885). Aehnliches meldet *Busachi* von zahlreichen Orten, beim Hunde, Kaninchen und Menschen (Med. Centralbl. 1887). Neubildungen von glatten Muskeln finden sich wohl unzweifelhaft in Geschwülsten des Uterus und vielleicht auch noch an andern Orten; doch ist nicht bekannt, ob in solchen Fällen benachbarte Muskelfasern eine Rolle spielen, oder die Muskelzellen aus indifferenten Bindesubstanzzellen entstehen.

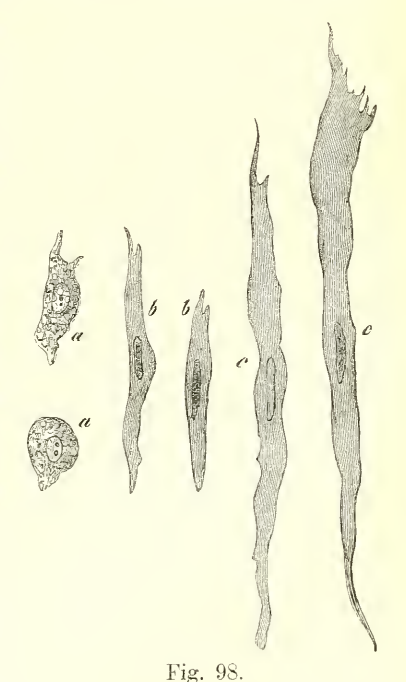


Fig. 98.

Die Entwickelung der glatten Muskelfasern geht einfach durch Verlängerung runder Zellen vor sich, die grösstentheils dem Mesoderm angehören, z. Th. auch dem Ektoderm und Entoderm, doch ist bemerkenswerth, dass diese Bildungszellen nicht wie diejenigen der vielkernigen Muskelzellen besondere Primitivorgane bilden, ähnlich den Muskelplatten der Urwirbel, sonderen mit anderen Elementen vermengt vorkommen. Die mesodermalen glatten Muskelfasern entstehen *in loco* aus Elementen, die mit den embryonalen Bindegewebszellen oder mit gewissen Formen der lymphoiden Zellen auf einer Stufe stehen und können auch in der nachembryonalen Periode sich bilden, wie ich schon vor Jahren beim *Uterus gravidus* nachgewiesen (Fig. 98) und wie ich vor kurzem auch an den

Fig. 98. Muskelelemente aus einem fünfmonatlichen schwangeren Uterus. *a* Bildungszellen der Muskelfasern, *b* jüngere, *c* entwickelte Faserzellen. 350 Mal vergr.

Arterien des Larvenschwanzes der Amphibien beobachtete (Z. f. w. Zool. Bd. 43, S. 36, Fig. 23).

Ektodermale Muskeln sind die von mir entdeckten Muskeln der Knäueldrüsen der Haut (siehe auch bei der Haut) und entodermale Muskeln finden sich nach *Stieda's* und *meinen* Erfahrungen (Z. f. w. Zool. Bd. 40, S. 204) in den Lungen von Säugethierembryonen an den primitiven Bronchien.

Beachtung verdienen auch noch nach der Seite der Entwickelung die mächtigen Hypertrophien, die die glatten Muskelfasern des Uterus während der Schwangerschaft erleiden, sowie die rasch auftretende Atrophie derselben bei Wöchnerinnen (S. alle Aufl. dieses Werkes bei den weiblichen Geschlechtsorganen).

Das glatte Muskelgewebe bildet im menschlichen Körper nirgends grössere Muskeln, wie dies z. B. bei den Mastdarmruthenmuskeln der Säugethiere der Fall ist, sondern findet sich entweder in Gestalt kleiner Muskelchen zerstreut im Bindegewebe oder in Form von Muskelhäuten. Im letzteren Falle erscheint dasselbe entweder mit gleichlaufenden oder mit netzförmig vereinten Bündeln, und steht auch beim Menschen an manchen Orten mit Sehnen aus elastischem Gewebe in Verbindung, wie sie zuerst von mir an den Trachealmuskeln des Menschen und an den Hautfedermuskeln der Vögel aufgefunden worden sind. Seine Verbreitung ist folgende:

1. Im Darmkanal bildet das glatte Muskelgewebe einmal die *Muscularis* von der unteren Hälfte der Speiseröhre an, wo glatte Bündel noch mit quergestreiften Fasern vermischt sind, bis zum *Sphincter ani internus*, zweitens die Muskellage der Schleimhaut, von der Speiseröhre an bis zum *Anus*, und drittens einzelne Muskelbündel in den Zotten und der Mucosa.

2. In den Respirationsorganen erscheint eine glatte Muskellage in der *Trachea* an der hinteren Wand und begleitet als vollständige Ringfaserhaut die Bronchien bis zu den feinsten Aestchen.

3. Bei den Speicheldrüsen findet sich dieses Gewebe einzig und allein im *Ductus Whartonianus* und auch hier nur spärlich und in unvollkommener Lage.

4. Die Leber hat eine vollständige Muskellage in der Gallenblase und spärliche glatte Muskeln auch im *Ductus choledochus*.

5. Die Milz besitzt bei vielen Thieren in der Hülle und in den Trabekeln, gemischt mit Bindegewebe und elastischen Fasern, die hier besprochene Muskelart.

6. In den Harnwerkzeugen treten die glatten Muskeln in den Nierenkelchen und im Nierenbecken auf, bilden in den Ureteren und der Harnblase eine vollständige Muskelschicht, finden sich dagegen nur spärlich in der Urethra und in der Hülle der Niere.

7. Die weiblichen Geschlechtsorgane haben glatte Muskeln in den Eileitern, dem Uterus, der Scheide, den kavernösen Körpern der äusseren Genitalien, in den breiten Mutterbändern an verschiedenen Orten und in den *Lig. rotunda*.

8. In den männlichen Sexualorganen finden sich dieselben in der *Tunica dartos*, zwischen der *Vaginalis communis* und *propria*, im Nebenhoden, *Vas deferens*, den Samenbläschen, der *Prostata*, um die *Cowper*'schen Drüsen

herum, in der *Albuginea* des *Corpus cavernosum urethrae* und in den drei *Corpora cavernosa* des *Penis*.

9. Im Gefässsysteme zeigen sich glatte Muskeln in der *Tunica media* aller, vor Allem der kleineren Arterien, dann der meisten Venen, der Lymphgefässe mit Ausnahme der feinsten, ferner in den Lymphdrüsen, endlich in der *Adventitia* mancher Venen und als Längsmuskelschicht um Arterien des *Vas deferens* herum.

10. Im Auge bilden glatte Muskeln den *Sphincter* und *Dilatator pupillae* und den *Tensor chorioideae*, in der Nähe des Auges den *Musculus orbitalis* und die *M. palpebrales* von *H. Müller*.

11. In der Haut endlich zeigt sich dieses Gewebe ausser in der *T. dartos* und der Haut des *Penis* und *Perineum* in der Form kleiner Muskelchen an den Haarbälgen, im Warzenhofe und in der Brustwarze und an allen Schweiss- und den Ohrenschmalzdrüsen.

Man hielt die Elemente der glatten Muskeln früher allgemein für lange, viele Kerne haltende Bänder und liess sie wie die quergestreiften Fasern, durch Verschmelzung vieler aneinander gereihten Zellen entstehen. Im Jahre 1847 zeigte ich, dass dem nicht so ist, dass vielmehr die Elemente dieser Muskeln nur einfache, umgewandelte Zellen sind und wies zugleich nach, dass diese kontraktilen Faserzellen überall vorkommen, wo man bisher zusammenziehungsfähiges Bindegewebe angenommen hatte, und auch sonst noch an manchen Orten sich finden, wo man sie nicht vermuthete. Diese meine Angaben sind schon seit langem allgemein bestätigt, wozu *Reichert* und *Moleschott* durch Auffindung von Reagentien, der Salpeter- und Salzsäure von 20% und des *Kali causticum* von 35%, die auch dem minder Geübten die kontraktilen Faserzellen leicht zu isoliren erlauben, das ihrige beigetragen haben. — Kontraktile Faserzellen kommen bei allen vier Wirbelthierklassen vor und sind auch bei Wirbellosen häufig. — Ihr Vorkommen bei den Wirbelthieren ist zum Theil eigentümlich und will ich hier noch folgende Orte namhaft machen, wo sie sich finden: In der Haut der Säuger an den Haarbälgen und Stacheln, so beim Orang (*ich*), beim Igel und Stachelschweine (*Leydig*), bei der Katze, Ratte, dem Kaninchen (*H. Müller*), bei den meisten Säugern (*Seuffert*), ferner in der Haut der Vögel als Muskelchen der Konturfedern hier mit Sehnen aus elastischem Gewebe; in der Iris der Fische, in der *Campanula Halleri* der Knochenfische (*Leydig*), im Trommelfelle des Frosches (*Leydig*), in der Schwimmblase der Fische, in den Lungen des Frosches (*ich*), des Salamanders (*Leydig*), bei *Triton* (*H Müller*), bei *Menobranchus lateralis* (*Eberth*), im Gekröse der *Plagiostomen*, von *Gobius niger*, von *Psammosaurus*, *Salamandra*, *Siredon*, *Lacerta agilis*, *Testudo graeca* (nicht bei *Rana temporaria*, *Ceratophrys dorsata*, *Bufo variabilis* und *Proteus*) und *Leposternon* (*Leydig* und *Brücke*), in den Schläuchen der Kloakendrüse des Salamanders (*Leydig*), in den Hautdrüsen der Frösche z. Th. (*Hensche*), in der Rückenhaut von *Pipa dorsigera* (*Leydig*), im *Ductus pancreaticus* des Rindes (*Tobien*), der Katze und des Karpfen (*Eberth*), an den Gallengängen in der Leber bei Fischen (*Eberth*), in der Hülle und den Septis des Hodens von Tauben, Enten, Eidechsen, Schildkröten (*Eberth*), in den Mastdarmruthenmuskeln der Säuger, im *Amnion* und der *Allantois* der Hühnerembryonen (*Remak*, *ich*, *Vulpian*), in der Fleischtroddel des Puters (*Leydig*) im Herzen der nackten Amphibien und Fische und im *Bulbus aortae* (*Weismann*, *Gastaldi*), nicht in den Lymphherzen des Frosches (*ich*). — Im Herzen der genannten Thiere, wo die Elemente schön quergestreift sind, und im Muskelmagen der Vögel sind diese Muskeln lebhaft roth und am letzteren Orte auch mit Sehnenhäuten in Verbindung. — Von den Wirbellosen haben vielleicht alle, mit Ausnahme der *Arthropoden*, wie zahlreiche Beobachtungen von *Agassiz*, *Gegenbaur*, *Leuckart*, *H. Müller*, *mir*, *Weismann*, *Leydig* u. A. gelehrt haben, nur einkernige Muskelzellen. Dieselben bilden mithin hier auch die willkürlichen Muskeln und unterscheidet man an ihnen nicht

selten ein *Sarcolemma* (die Zellmembran), einen längsstreifigen Inhalt und viele interstitielle Körnchen (siehe unten), sowie mehr weniger deutliche Querstreifung. Nicht selten bildet die querstreifige Masse eine Rindenschicht um einen centralen Kanal, der den Kern und eine körnige Marksubstanz enthält, in der häufig ein feines *Reticulum* zur Anschauung kommt (*Leydig*, 1885. Taf. IV). Auch Verästelungen sind an diesen Fasern beobachtet und *Anastomosen* der Zellen häufig. Ueber die merkwürdigen Muskelelemente der Nematoden vergleiche man die Arbeiten von *A. Schneider*, *Weismann*, *Eberth* und *v. Leydig*.

Litteratur. *Kölliker*, Ueber den Bau und die Verbreitung der glatten Muskeln, in Mittheil. d. naturf. Gesellschaft in Zürich. 1847. p. 18, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. I. 1849, und Würzb. Verh. Bd. VIII. p. 109; *C. R. Walther*, Nonnulla de musculis laevibus, Diss. Lips. 1851; *Ch. Rouget*, Recherches sur les éléments des tissus contractiles in Gaz. méd. 1857, Nr. 1; *C. Meissner* in Zeitschr. f. rat. Med. II. 1858. p. 316; *Moleschott* in seinen Untersuchungen. Bd. VI. p. 380; *Derselbe* und *G. Piso-Borme*, Ebend. Bd. IX. p. 1; *R. Heidenhain* in Studien d. phys. Instit. zu Breslau. 1861; *A. Weismann* in Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 15. 1862, und Bd. 23; *G. Wagener* in *Müll.* Archiv. 1863. p. 211; *Rouget* in Compt. rend. Vol. 92. 1882; *Kölliker* in Würzb. Ber. 1882; *Engelmann* in Unters. d. Utrecht. physiol. Labor. VI. 1881.

§ 37.

Gewebe der Muskelfasern oder quergestreiften Muskeln. Die Elemente dieses Gewebes bestehen wesentlich aus den sogenannten Muskelfasern oder Muskelprimitivbündeln, langgestreckten Spindeln oder Walzen, deren Länge bis zu 12 cm geht, während die Breite zwischen 9 und 60 μ schwankt, von denen jede ein von einer gleichartigen, zarten, elastischen Hülle, dem *Sarcolemma* oder *Myolemma*, umschlossenes Bündel feiner Fibrillen darstellt. Diese letzteren sind meist regelmässig der Länge nach abgetheilt, so dass sie wie aus vielen hintereinander liegenden hellen und dunklen Stückchen zu bestehen scheinen und ein quergestreiftes Ansehen der Muskelfasern bedingen, oder dieselben erscheinen mehr glatt und dann sind auch die Primitivbündel nur der Länge nach gestreift. Ausser diesen Fibrillen enthalten die Muskelfasern eine besondere gleichartige, vielleicht flüssige Zwischensubstanz (*Sarcoplasma*, *Rollet*), welche theils die einzelnen Fibrillen verkittet, theils mit etwas stärkeren Ansammlungen kleine Bündel derselben, die von mir sogenannten Muskelfascikel oder Muskelsäulchen umgiebt, deren Querschnitte die von *Cohnheim* zuerst genau beschriebenen polygonalen Felder darstellen. In dieser Zwischensubstanz, die auch die ganze Innenfläche des *Sarcolemma*, jedoch meist nur in sehr dünner Lage, auskleidet, sind zahlreiche blasse, reihenweise zwischen den Fibrillen liegende Körperchen, die von *mir* sogenannten interstitiellen Körner eingelagert und ferner eine bedeutende Zahl rundlicher oder verlängerter Zellenkerne, die beim Menschen, mit Ausnahme der Elemente des Herzfleisches, an der Innenfläche des *Sarcolemma* anliegen. Im polarisirten Lichte untersucht erscheinen die Muskelfasern und Muskelfibrillen z. Th. doppeltbrechend, z. Th. einfachbrechend und zwar zeigt sich eine regelmässige Vertheilung der anisotropen und der isotropen Theile. Im einfachsten Falle wechseln doppeltbrechende dunkle Theile Q mit einfachbrechenden J ab und stellen die ersteren die sogenannten Fleischtheilchen, sarcous elements von *Bowman* dar. Häufig findet sich ausserdem

in der Mitte von J eine anisotrope dünne Lage Z, die Zwischenscheibe, so dass die Lage J in zwei zerfällt. Endlich kann in dieser nochmals jederseits eine anisotrope Lage N, die Nebenscheibe, vorkommen, so dass dann J in J und E zerfällt. Ebenso kann auch in der Mitte von Q eine hellere Mittel-

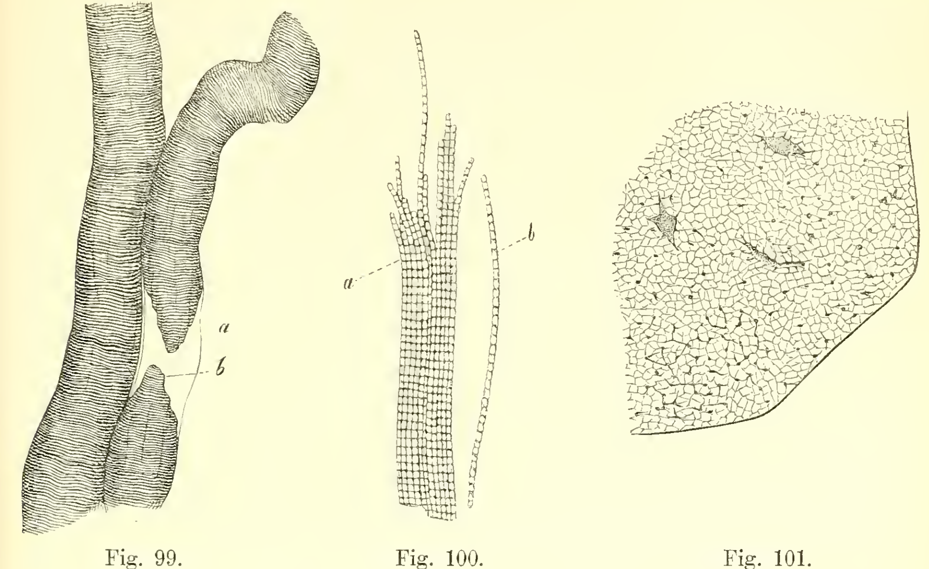


Fig. 99. Fig. 100. Fig. 101.

schicht H, die *Hensen*'sche Mittelscheibe sich finden. Alle diese Bildungen, in deren Bezeichnung ich *Rollet* folge, sind jedoch so veränderlich, dass ihnen, abgesehen von Q und J, keine grössere Bedeutung zugemessen werden kann.

Die Vereinigung der Muskelfasern zu den Muskeln und Muskelhäuten kommt so zu Stande, dass dieselben der Länge nach neben und hintereinander sich legen, wobei sie von zarteren oder festeren Hüllen von Bindegewebe, dem sogenannten *Perimysium*, dem immer feinere elastische Fasern und häufig auch Fettzellen beigemengt sind, umschlossen und von zahlreichen Blutgefässen und Nerven umsponnen werden.

In chemischer Beziehung besteht die Hauptmasse der quergestreiften Muskelfasern, d. h. die Fibrillen, aus einem festen Eiweisskörper von geringer Konsistenz, dem sogenannten Muskelfaserstoff, neben dem, wie *Kühne's* Untersuchungen lehren, auch ein flüssiger Eiweisskörper (*Myosin*) vorkommt, dessen Sitz wohl vorzüglich die Zwischensubstanz ist. Das *Sarcolemma* leistet Alkalien

Fig. 99. Zwei Muskelfasern des Menschen, 350 Mal vergr. In der einen ist das Fibrillenbündel b gerissen und das *Sarcolemma* a als leere Röhre zu sehen.

Fig. 100. Primitivfibrillen aus einem Primitivbündel des *Axolotl* (*Siredon pisciformis*). a Ein kleines Bündel von solchen. b Eine vereinzelte Fibrille, 600 Mal vergr.

Fig. 101. Ein Theil des Querschnittes einer Muskelfaser des Frosches mit Essigsäure behandelt und 570 Mal vergr. Man sieht 3 Kerne, die polygonalen Enden der Muskelsäulchen oder die *Cohnheim*'schen Felder und in der Zwischensubstanz da und dort interstitielle Fettkörnchen.

und Säuren grossen Widerstand, während die Kerne die gewöhnlichen Eigenthümlichkeiten dieser Gebilde darbieten. Aus den Muskeln lässt sich eine neutrale Flüssigkeit auspressen, in welcher *Liebig*, *Scherer* und Andere eine wichtige Reihe stickstoffloser und stickstoffhaltiger Zersetzungsstoffe des Muskelgewebes aufgefunden haben.

Die quergestreiften Muskelfasern, deren Fibrillen als die kontraktilen Elemente anzusehen sind, sind in hohem Grade zusammenziehungsfähig und vermögen bei ihrer Länge sehr bedeutende Wirkungen zu vermitteln. Dieselben entstehen durch einfache Verlängerung runder Zellen, deren *Protoplasma* z. Th. in Fibrillen sich umbildet, z. Th. als solches sich erhält und das *Sarcoplasma* bildet. — Einmal angelegt wachsen die Muskeln durch Verlängerung und Verdickung ihrer Elemente unter fortgesetzter lebhafter mitotischer Vermehrung der ursprünglichen Zellenkerne (Fig. 45) und fortwährender Neuablagerung von Fibrillen. Ausserdem können, wie *Weismann* zuerst gezeigt hat, Muskelfasern auch durch Längsspaltung schon gebildeter Fasern entstehen. Verschmelzungen von 2 embryonalen Muskelfasern zu einer einzigen beschreibt *Leydig* von *Triton taeniatus* (l. c. S. 155, Taf. V, Fig. 103), eine Angabe, die sehr verdient, weiter geprüft zu werden. — Nachdem man früher allgemein angenommen hatte, dass Muskelwunden nie durch Muskelsubstanz heilen, erheben sich in der Neuzeit immer mehr Stimmen, die einen solchen Vorgang auf Grund von Experimenten an Thieren annehmen (*Erbkam, Rachmaninow, Sokolow, Perroncito*). Hierbei soll die Regeneration von den alten Fasern ausgehen. Zufällige Bildung von quergestreifter Muskelsubstanz findet sich ebenfalls, wenn auch selten.

Quergestreiftes Muskelgewebe findet sich in folgenden Theilen:

1. In den Muskeln des Stammes und der Extremitäten, in den äusseren Muskeln des Auges und in allen Ohrmuskeln.

2. In den Muskeln mancher Eingeweide, als da sind: der Kehlkopf, Pharynx, die Zunge und Speiseröhre (obere Hälfte), das Mastdarmende (*Sphincter externus, Levator ani*), die Genitalien (*Bulbo-, Ischiocavernosus, Transversi perinaei, Cremaster*, Muskelfasern der runden Mutterbänder zum Theil.

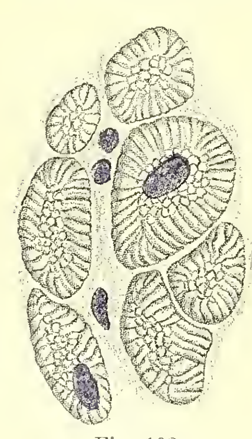


Fig. 102.

Hier gedenke ich nun auch noch der quergestreiften Muskelelemente des Herzfleisches, die nach *Oehl* auch in gewissen *Chorda tendineae* sich finden, und der grossen Venen, obwohl dieselben, wie im § 35 auseinandergesetzt wurde, aus einkernigen, allerdings mehr weniger innig verschmolzenen anastomosirenden Zellen bestehen. Es stimmen nämlich diese Elemente dem Baue nach im Wesentlichen ganz mit den vielkernigen Muskelfasern überein, indem sie eine deutliche Querstreifung darbieten und aus Fibrillen und *Sarcoplasma* mit inter-

Fig. 102. Querschnitte einiger Muskelfasern des Herzens des Menschen. St. vergr.

stitiellen Körnern bestehen. Doch finden sich auch Abweichungen und zwar folgende: Erstens mangelt den Herzmuskelzellen das *Sarcolemma*, zweitens liegen ihre Kerne alle im Innern und drittens zeigen dieselben ungemein deutliche und eigenthümlich gestaltete Muskelsäulchen (Fig. 102), von denen bisher nur *Ranvier* beim Kalbe einige Andeutungen gesehen zu haben scheint (*Traité technique*). Diese Gebilde stellen beim Menschen, wie bei gewissen Fischen und Insekten, z. Th. bandförmige, radiär gestellte, z. Th. mehr säulchen- oder prismenartige Bündel von Fibrillen dar, wie sie bisher noch in keinen anderen Muskeln von Säugern beobachtet wurden.

Noch eigenthümlicher als diese Elemente des Herzfleisches sind die quergestreiften Zellen der sogen. *Purkinje*'schen Fäden des Endocard gewisser Säuger und Vögel mit Bezug auf welche auf die Darstellung des Baues des Herzens in einem späteren Paragraphen verwiesen wird.

Elemente von der Bedeutung der vielkernigen Muskelzellen oder der Muskelfasern sind weit verbreitet, doch zeigen dieselben selbst in den willkürlichen Muskeln der Wirbelthiere nicht überall den vom Menschen her bekannten Bau, wie namentlich schon ältere Arbeiten von *Stannius* (Gött. Nachr. 1857. 18) und *Leydig* lehren, denen zufolge gewisse Muskeln von *Petromyzon*, die der Seitenlinie von Knochenfischen und am Spritzloche von *Plagiostomen* durch ihre dunklere Farbe und gewisse Struktureigenthümlichkeiten sich auszeichnen. Neuere Untersuchungen zeigten dann, dass solche Verschiedenheiten bei vielen Wirbelthieren vorkommen und unterscheidet man jetzt seit *Krause* (Anat. d. Kaninchens 1868) und *Ranvier* (Arch. de phys. VI. 1879) weisse und rothe Muskeln, die anatomisch-physiologisch mehr weniger von einander abweichen. Die weissen Muskeln sind deutlich quergestreift, haben weniger Kerne, kontrahiren sich schnell und ermüden rasch; die rothen Muskeln dagegen haben viele Kerne, sind mehr längsstreifig, mehr körnig, ziehen sich langsam zusammen und kehren langsam wieder in den ausgedehnten Zustand zurück. Beim Menschen finden sich keine weissen Muskeln, wohl aber sind, wie *Grützner* annimmt (Rec. zool. Suisse 1884), vielleicht gewisse Muskelfasern der rothen Muskeln den Elementen derselben zu vergleichen und in einem Falle sah *Arnold* bei einem kräftigen 38jährigen Weibe alle Muskeln hell mit deutlicher Querstreifung und spärlicheren Kernen als sonst, ebenso *Rindfleisch* an einer Typhusleiche.

Ausser an den bekannten Orten finden sich bei Wirbelthieren quergestreifte Muskelfasern in der Speiseröhre einiger Säuger und der *Plagiostomen*, im Darme der *Tinca chrysitis*, im Magen von *Cobitis fossilis*, um die Giftdrüse der Schlangen, um die Moschusdrüsen der Schildkröten und Krokodile (*Peters*) und im Gaumenorgane des Karpfens, in der Haut der Säuger, Vögel, Schlangen und ungeschwänzten Batrachier (sogenannte Hautmuskeln), an den Spürhaaren der Säuger, in den Lymphherzen der Vögel, beschuppten Amphibien und des Frosches (*ich*), in der Atrioventrikularklappe des rechten Herzens der Vögel und von *Ornithorhynchus*, an der unteren Hohlvene von *Phoca*, dicht über dem *Diaphragma*, an den pulsirenden Venen der Flughaut der *Chiropteren* (*Wharton Jones*, *Leydig*), im inneren Auge der Vögel und beschuppten Amphibien, um die *Cowper*'schen und Analdrüsen der Säuger. Bei manchen Fischen sind die Zwischenkörner regelrecht durch Fettkörner vertreten, die in einigen Fällen ungemein gross und zahlreich sind; ferner haben gewisse Fische eine mächtige Lage von *Sarcoplasma* dicht unter dem *Sarcolemma* (*v. Leydig*, *Ranvier*, *ich*, *Rollet*) und bandförmige Muskelsäulchen in grösserer oder geringerer Ausdehnung (*v. Gehuchten*, *ich*, *Rollet*). Bei den Wirbellosen gehören in diese Abtheilung alle Muskeln der *Arthropoden* und finden sich dieselben daher auch am Darme, dem Herzen und den Genitalien, doch ist hervorzuheben, dass hier zweierlei Typen sich finden, indem die Flügelmuskeln vieler Insekten durch einen ganz besonderen Bau (viel *Sarcoplasma* und leichtes Zerfallen in Fibrillen) sich auszeichnen (Siehe m. Abh. in Z. f. w. Zool. Bd. 47). Ausserdem finden sich bei beiderlei Muskelfasern mannigfache Abweichungen im Verhalten des *Sarcoplasma*, der Kerne und des *Sarcolemma*, worüber des Näheren in den Arbeiten von *Retzius*, *Rollet*, *v. Limbeck*, *Ciaccio*,

v. Gehuchten und *mir* sich findet. Von den übrigen Wirbellosen scheinen die Muskeln der meisten zu den einkernigen zu zählen, doch wird hierüber erst nach ausgebreiteteren Untersuchungen eine ganz bestimmte Entscheidung abgegeben werden können. Für einmal lassen sich nur noch die quergestreiften Leibesmuskeln der Salpen mit einiger Wahrscheinlichkeit in diese Abtheilung bringen, doch scheinen auch bei einzelnen Nematoden (bei *Spiroptera obtusa* nach *A. Schneider*) vielkernige Muskelzellen vorzukommen.

Bei Wirbellosen sind netzförmige Vereinigungen von quergestreiften Muskelfasern, namentlich an den Vegetations- und Generationsorganen häufig (*v. Hessling*, *v. Leydig*, *Gegenbaur*, *Leuckart*, *ich* u. Andere), nur dass hier statt ausgebildeter Fasern oft Netze sternförmiger Zellen sich finden, die, wenn die Zellenkörper gross und die Ausläufer feiner sind, eher zu den einkernigen Muskelzellen zu stellen wären. Gewisse Netze gehören möglicherweise auch aus dem Grunde nicht hierher, weil ihre Balken aus Bündeln mehrkerniger Spindelzellen bestehen, da *Weismann* ebenso wie für das Herz der Frösche und nackten Amphibien, so auch für dasjenige gewisser Mollusken einen solchen Bau nachgewiesen hat. Einfache stärkere oder schwächere z. Th. sehr schöne baumförmige Verästelungen von Muskelfasern, die *Corti* und *ich* in der Zunge des Frosches sahen, sind dagegen seltener, doch hat man dieselben nun schon an vielen Orten gesehen, wie bei *Artemia salina*, in der Kopf- und Fussscheibe von *Piscicola* (*Leydig*), im Schwanze von Froschlarven (Mikr. Anat. II, 1, Fig. 65), in der Zunge von Säugern (*Salter*, *Biesiadecki* und *Herzig*), in der Stammuskulatur des Pferdes (*Biesiadecki* und *Herzig*), in der Lippe der Ratte (*Huxley*), in der Schnauze des Schweines und Hundes (*Leydig*), bei *Lernanthropus Kroyeri* (*Claus*). Muskelfasern mit ausgezeichneten Verästelungen an beiden Enden sah *ich* an den Spinngefässen der Raupe von *Sericaria salicis* (Fig. 104), wo einzelne solche Fasern Windungen des Drüsenkanales untereinander verbanden (Würzb. Verh. Bd. VIII, p. 234), ebenso *Biesiadecki* und *Herzig* in der Zunge des Frosches (Fig. 103), welche letzteren offenbar inneren Zungenmuskeln an gehören.

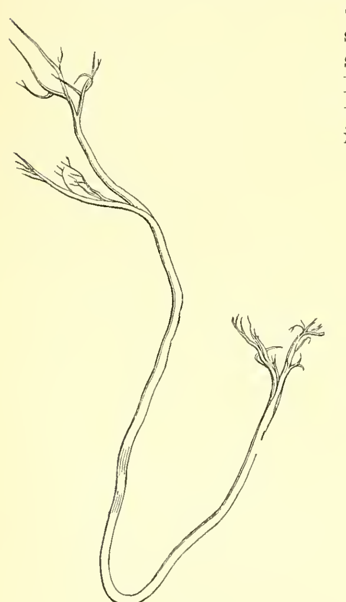


Fig. 103.

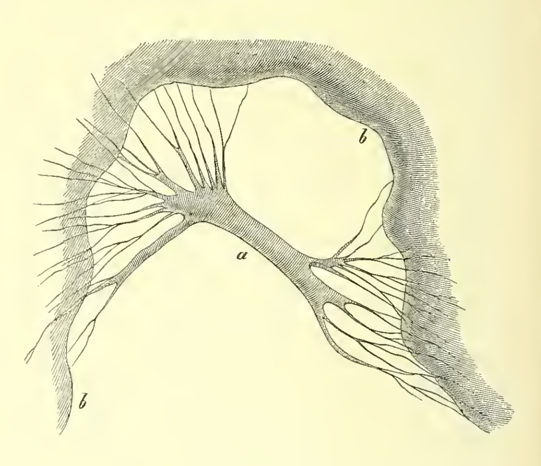


Fig. 104.

Fig. 103. Eine an beiden Enden verästelte Muskelfaser aus der Zunge des Frosches. Ger. Vergr.

Fig. 104. Quergestreifte Muskelfaser *a* mit Verästelung an beiden Seiten, welche zwei Windungen *b* eines Spinngefässes von *Sericaria salicis* verbindet. Mittl. Vergr.

Litteratur. *W. Bowman*, Article muscle and muscular motion in *Todd's* Cyclop. of Anatomy and On the minute structure of voluntary muscle, in Phil. Trans. 1840. II. 1841. I.; *J. Holst*. De structura musculorum in genere et annulatorum musculis in specie. Dorp. 1846; *Leydig* in *Müll.* Arch. 1856; *Kölliker* in Zeitschr. f. w. Zool. VIII.; *Rollet* in Wiener Sitzungsber. 1857. p. 291; *E. Häckel* in *Müll.* Arch. 1857. p. 486; *E. Brücke*, Ueber den Bau der Muskelfasern in Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1857. Juli; und Denkschriften Bd. XV.; *Böttcher* im Arch. f. path. Anat. Bd. XIII. p. 227 u. 402; *A. Herzig* in Wien. Sitzungsber. Bd. XXX. p. 73; *A. Herzig* und *A. v. Biesiadecki*. ibidem Bd. XXXIII. p. 146; *C. J. B. Amici* in *Virch.* Arch. XVI. p. 414; *T. Margo*. Neue Unters. üb. d. Entwickelung, d. Wachsthum, d. Neubildung u. d. feineren Bau d. Muskelfasern. Wien 1859; *A. Weismann*, Ueber die Muskulatur des Herzens in *Müll.* Arch. 1861. S. 41; *Gastaldi* in Würzb. naturw. Zeitschr. Bd. III. p. 6; *Aeby* in Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XIV. p. 182, Bd. XVII. p. 195; *Rouget* in Journ. de la phys. 1862. p. 247; *W. Krause* in Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XVIII u. XX; *Cohnheim* in *Virch.* Arch. Bd. XXXIV. p. 606; *Kölliker* in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XVI; *W. Krause* in Zeitschr. f. rat. Med. 1868, 1869; Zeitschr. f. Biob. Bd. 5, 6, 7; *Pflüg.* Arch. Bd. VII; *W. Engelmann* in *Pflüg.* Arch. Bd. VII. 1873, XI. 1878, Bd. 23. 1881, Bd. 26; *Schäfer* in Phil. Trans. 1873; *Schwalbe* in Mikr. Arch. Bd. 5 (Wirbellose); *G. Wagener* in Marb. Ber. 1869, 1872, 1874 u. Mikr. Arch. Bd. 9, in *Pflüg.* Arch. Bd. 30; *Merkel* in Mikr. Arch. Bd. 8, 9 u. 19; *Ranvier*, Leçons s. l. syst. musculaire 1880; *Retzius*, Biolog. Unters. 1881. S. 1; *O. Nasse*, Z. Anat. u. Phys. d. quergestr. Muskelfasern 1882; *Bremer* in Mikr. Arch. Bd. 22. 1883 (Muskelspindeln); *v. Leydig*, Zelle und Gewebe 1885; *Rollet* in Wien. Denkschr. 1885. Bd. 49, 51; *v. Gehuchten* in la Cellule II. 1886; *Kölliker* in Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 47. 1888.

IV. Nervengewebe.

§ 38.

Die wesentlichsten Elemente des Nervengewebes sind zweierlei, Nervenröhren und Nervenzellen. Die Nervenröhren oder Nervenprimitivfasern sind entweder markhaltige oder marklose. Die ersteren, die auch die dunkelrandigen heissen, sind frisch untersucht bei durchfallendem Lichte wasserhell, durchsichtig, mit einfachen dunklen Umrissen, bei Beleuchtung von oben glänzend, opalartig, wie Fett, in grösseren Mengen weiss, in beiden Fällen gleichartig. Eine genauere Untersuchung ergiebt leicht, dass dieselben aus drei Theilen bestehen, einer zarten, gleichartigen, Kerne führenden Hülle, der *Schwann*'schen Scheide, einer in der Mitte gelegenen weichen, aber elastischen Faser, der Achsenfaser von *mir*, dem Achsencylinder von *Purkinje*, dem Primitivbande von *Remak*, und einer zwischen beiden befindlichen zähflüssigen Schicht, der Markscheide oder dem Nervenmark. In den marklosen Fasern, die beim Menschen nur in den Endausbreitungen und im *Sympathicus* sich finden, umschliesst die Scheide den Achsencylinder unmittelbar.

Ausser diesen beiden Hauptabtheilungen von Nervenfasern giebt es nun aber auch noch markhaltige Nervenfasern ohne Scheide (Centralorgane) und blasse Nervenfasern ohne solche oder sogenannte nackte Achsencylinder und lassen sich dem zu Folge mit *Max Schultze* die Nervenfasern in 4 Unterabtheilungen bringen:

A. Markhaltige Fasern.

1. Mit Scheide.
2. Ohne Scheide.

B. Marklose Fasern.

1. Mit Scheide.
2. Ohne Scheide.

Hierbei beachte man jedoch, dass alle diese Unterarten an Einer und derselben Faser vorkommen können. So sind die cerebrospinalen Nervenfasern bei ihrem Ursprunge aus den centralen Nervenzellen nackte Achsencylinder, werden dann in den Centralorganen drin zu markhaltigen Fasern ohne Scheide, bekommen eine solche ausserhalb der Centralorgane, bleiben im grössten Theile ihres Verlaufes markhaltige Fasern mit *Schwann*'scher Scheide, um an den letzten Endigungen zuerst das Mark,

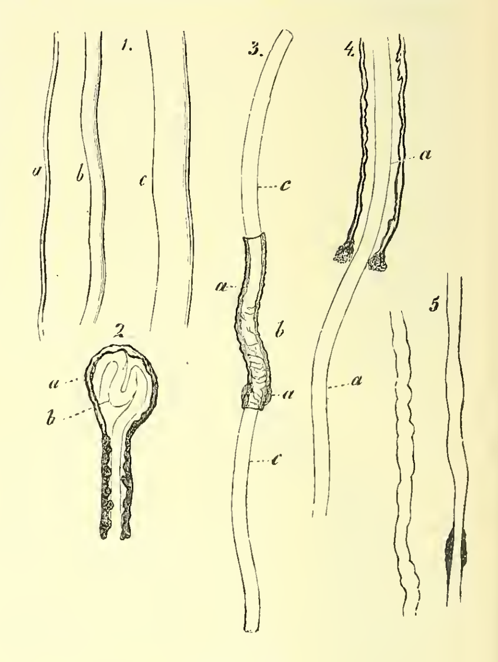


Fig. 105. Fig. 106.

dann auch die Scheide zu verlieren und als nackte Achsencylinder auszugehen.

Die markhaltigen Nervenfasern mit *Schwann*'scher Scheide zeigen in ihrem Verlaufe eine wichtige, von *Ranvier* zuerst genau beschriebene und gewürdigte Eigenthümlichkeit. Dieselben besitzen nämlich von Stelle zu Stelle in Abständen von 80—900 μ Einschnürungen, die *Ranvier* nicht passend *Anneaux constricteurs* (Schnürringe) heisst (bei Fasern von 2 μ Breite sind

Fig. 105. Nervenzellen aus der *Ala cinerea* des Menschen, 1 eine bipolare Zelle mit zwei Fortsätzen, eine ebensolche mit verästelten Fortsätzen, 2 eine scheinbar unipolare Zelle mit einem einfachen und einem getheilten Fortsatze.

Fig. 106. Nervenfasern bei 350 maliger Vergrösserung. 1. Vom Hunde und Kaninchen im natürlichen Zustande, *a* feine, *b* mitteldicke, *c* grobe Faser aus peripherischen Nerven. 2. Vom Frosche mit Serumzusatz, *a* durch Druck herausgepresster Tropfen, *b* Achsencylinder in demselben in die Röhre sich fortsetzend. 3. Vom Rückenmark des Menschen frisch mit Serum, *a b* Markscheide doppelrandig, *c* Achsencylinder. 4. Doppelrandige Faser des *Ventriculus IV.* des Menschen; der Achsencylinder *a* hervorstehend und in der Faser sichtbar. 5. Zwei isolirte Achsencylinder aus dem Marke, der eine mit wellenförmigen Begrenzungen, der andere mit leichten Anschwellungen und etwas anhängendem Marke.

nach *Key* und *Retzius* die Abstände der Einschnürungen 89—92 μ, bei Fasern von 16 μ Durchmesser 872—962 μ). Diese *Ranvier*'schen Ein-

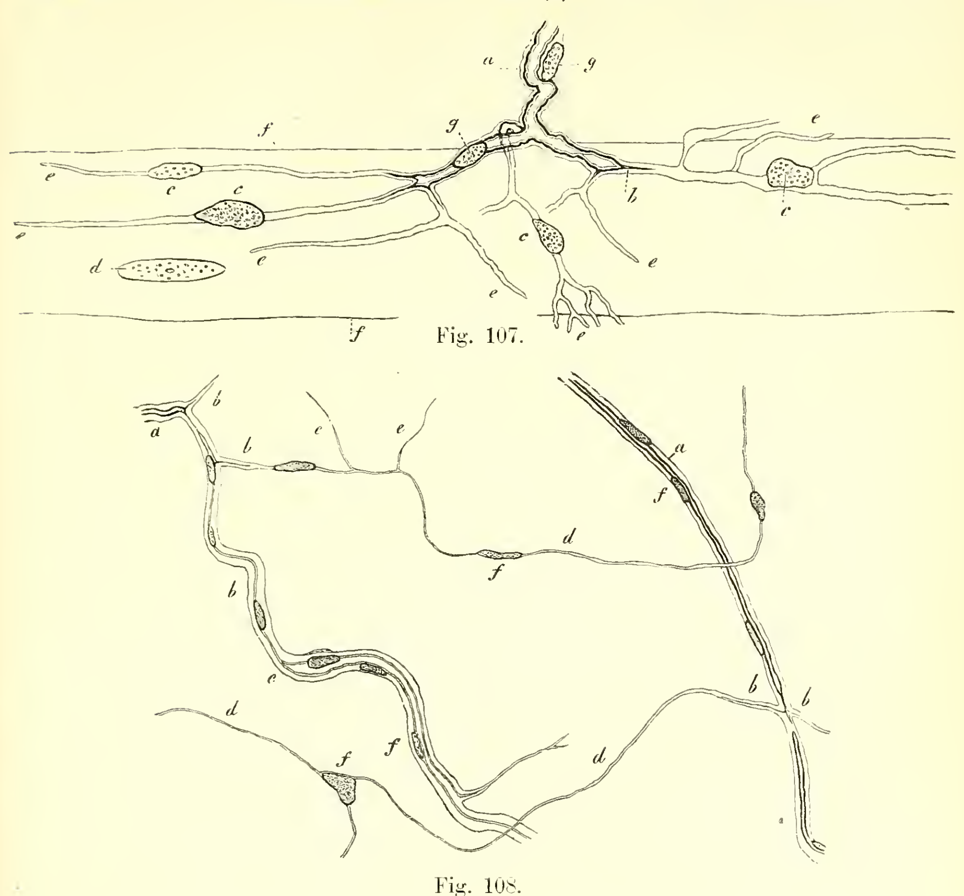


Fig. 107.

Fig. 108.

schnürungen zeigen das Nervenmark unterbrochen und die *Schwann*'sche Scheide dem Achsencylinder so zu sagen anliegend, stellen somit kurze schmale

Fig. 107. Endverästelung einer dunkelrandigen Röhre aus dem Hautmuskel der Brust des Frosches mit der Immersionslinse No. 10 von Hartnack und *Oc.* 1. *a* Scheide der Nervenröhre bei *b* auf die blassen Endfasern übergehend. *b* Fortsetzung des Nervenröhreninhaltes (vorzüglich des Achsencylinders) in die blassen Endfasern. *c* Kerne der blassen Endfasern. *d* Ein Kern der Muskelfaser *f f*, auf welcher die Verästelung der Endfasern aufliegt. *e e e e* Enden der blassen Endfasern. An den übrigen Stellen wurde ein deutliches Ende der Fasern nicht gesehen. *g* Kerne der dunkelrandigen Nervenröhren.

Fig. 108. Ein Theil der Verästelung sensibler Fasern aus dem Hautmuskel der Brust des Frosches, Linse 7 *Oc.* 1 von Hartnack. *a a* dunkelrandige Fasern mit einer abstehenden zarten Scheide und Kernen *f* innerhalb derselben. *b b b* blasse Fasern, die theils die Fortsetzungen der dunkelrandigen Fasern sind, theils seitlich von denselben abgehen, die alle noch eine Scheide und einen blassen Inhalt (Achsencylinder) besitzen. Bei *c* theilt sich der Achsencylinder einer solchen Faser. *d d d* marklose Endfasern mit Kernen *f*, an denen keine Scheide mehr zu erkennen ist, und mit Theilungen *e*.

cylindrische Stellen dar, an denen die Nervenfasern die Natur markloser Nervenfasern mit Scheide besitzen. Zwischen je zwei Einschnürungen besitzt die *Schwann*'sche Scheide bei höheren Geschöpfen nur Einen Kern (bei Fischen sahen *Key* und *Retzius* 5—16 Kerne in jedem Segment) und gewinnt es so den Anschein, als ob jedes Segment einer solchen Nervenfaser Einer Zelle gleichwerthig sei (*Ranvier*), was jedoch nicht richtig ist. Von den einzelnen Theilen der dunkelrandigen Fasern zeigt die *Schwann*'sche Scheide die einfachsten Verhältnisse. Dieselbe ist zart und ganz gleichartig und lässt sich durch kurzes Kochen der Nervenfasern in kaustischem Natron leicht darstellen. In Wasser, Alkohol und Aether ist sie unlöslich, ebenso in *Ac. acet. glac.* nach 5 Minuten langem Kochen, leicht löslich dagegen in kaustischen Alkalien nach etwas längerem Kochen und gleicht somit in ihrem chemischen Verhalten dem *Sarcolemma*. Die Kerne dieser Scheide sind lang, platt, feinkörnig und an frischen Fasern in Seitenansichten leicht zu erkennen, indem sie meist in Vertiefungen des Nervenmarkes ihre Lage haben, selten an der Oberfläche stärker vorspringen. Bezüglich auf das genauere Verhalten, so scheint die *Schwann*'sche Scheide eine ganz zusammenhängende Röhre zu sein und keine Unterbrechungen in der Gegend der *Ranvier*'schen Einschnürungen zu besitzen, es sei denn, dass die von *Key* und *Retzius* hier beschriebenen leichten Verdickungen derselben sich bestätigen, welche diese Forscher als die Grenzlinie der die *Schwann*'sche Scheide zusammensetzenden Zellen betrachten. Eine Umbiegung der *Schwann*'schen Scheide auf den Achsencylinder, die *Boveri* in der Gegend der Einschnürung zu sehen glaubte, ist nicht nachzuweisen, wohl aber steht der Achsencylinder in dieser Gegend durch einen ring-

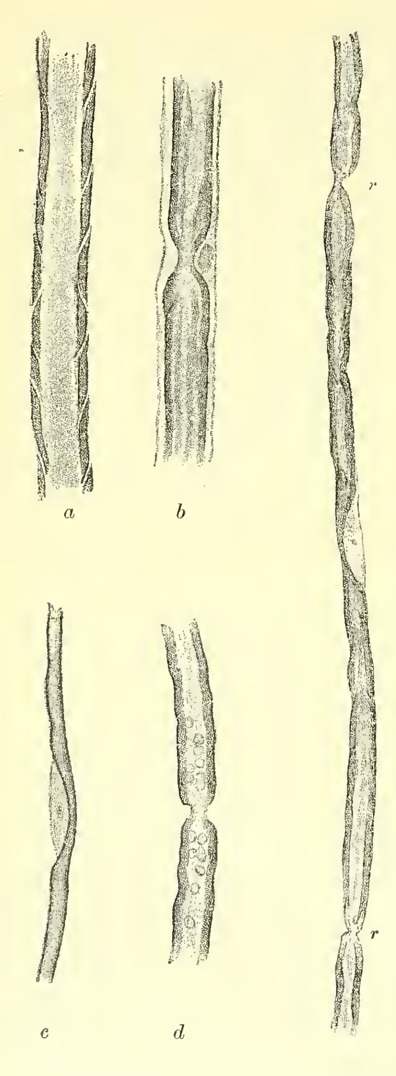


Fig. 109. Fig. 110.

Fig. 109. Nervenfasern des Frosches *a* mit *Schmidt-Lantermann*'schen Einkerbungen, *b* grosse dunkelrandige Faser mit Kern, *c* feine Faser mit Kern der *Schwann*schen Scheide, *d* Nervenfaser mit *Ranvier*'scher Einschnürung *r*. St. Vergr.

Fig. 110. Ein ganzes Segment einer Nervenfaser des Frosches mit Kern der *Schwann*'schen Scheide und *r r* zwei Einschnürungen. Mittl. Vergr.

förmigen Vorsprung mit der *Schwann*'schen Scheide in Verbindung, den *Jacobi* als der Achsencylinderscheide angehörend betrachtet (l. c. Fig. I—III); nichtsdestoweniger bin ich im Gegensatze zu diesem Beobachter der Meinung, dass diese Umhüllung der Achsencylinder nicht segmentirt, sondern in der ganzen Länge der Nervenfasern eine zusammenhängende ist. Färbt man Nerven mit Silber, so entsteht in der Gegend der Einschnürungen eine dunkle Querlinie, die, wenn man die Achsencylinder durch Eisessig aus den Fasern heraustreibt, an diesen anhaftet (*ich*) und z. Th. mit dem obenerwähnten ringförmigen Vorsprunge von *Boveri* gleichbedeutend ist, z. Th. von Niederschlägen im Innern der Achsencylinder selbst herrührt.

Das Nervenmark zeigt, wenn nicht ganz frisch, an gröberen Nervenfasern unregelmässige Unterbrechungen in Form von schiefen, von einer helleren von Fäden (*Golgi*) durchzogenen Substanz erfüllten Spalten (Fig. 109) die *Schmitt-Lantermann*'schen Einschnürungen, welche von einer eigenthümlichen Zersetzung desselben in zwei Bestandtheile herrühren. Andere im Tode rasch eintretende Umgestaltungen, bei denen der Markcylinder doppelrandig wird und endlich in gröbere oder feinere Theilstücke oder Körner sich zerlegt, bezeichnet man als Gerinnung. Kocht man die Nerven mit Aether oder Alkohol, so wird ein grosser Theil des Markes gelöst, immerhin erhält sich, wie ich schon in meiner Mikr. Anat. 1850, S. 400 gezeigt, ein Theil desselben in Form von Krümeln, die oft zierliche Netze bilden. Solche Netze bestehen einfach aus dem Theile der Marksubstanz, der in Aether und Alkohol sich nicht löst und haben somit nicht die Bedeutung besonderer Hüllen des Markes und des Achsencylinders. Diese Netze färben sich in Zucker und konzentrirter Schwefelsäure roth, durch Salpetersäure und Natron orange und quellen in Essigsäure (*ich*). Nach *Kühne* und *Ewald* stimmen dieselben durch ihre Unlöslichkeit in Trypsin mit dem *Keratin* überein, weshalb diese Forscher die Namen *Neurokeratin* und *Hornscheiden* für dieselben vorschlugen. Im Gegensatze hierzu meldet *Joseph*, dass auch Trypsin die fraglichen Netze lösst.

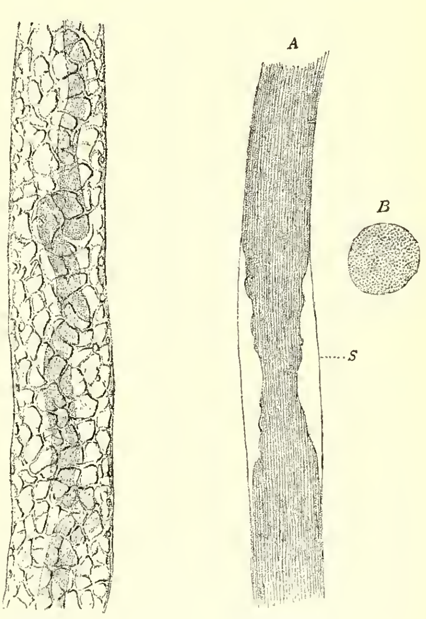


Fig. 111. Fig. 112.

Der Achsencylinder ist ganz bestimmt eine weiche Faser und kein mit Flüssigkeit gefülltes Rohr, die in ihrer chemischen Beschaffenheit dem

Fig. 111. Nervenfaser des Frosches mit Alkohol gekocht. Im Innern der verbogene Achsencylinder; *s* *Schwann*'sche Scheide. Zwischen beiden das sogenannte Neurokeratinnetz, ein Kunstprodukt.

Fig. 112. Achsencylinder einer Froschnervenfaser mit Eisessig behandelt. *A* Längsansicht mit feiner Streifung, *s* Hülle des Achsencylinders. *B* Scheinbarer Querschnitt von einer Umbeugungsstelle mit den Achsenfibrillen. St. Vergr.

Muskelfaserstoff nahe verwandt ist. Bezüglich auf feinere Strukturverhältnisse, so lässt sich in gewissen Fällen eine sehr zarte, gleichartige Hülle an demselben nachweisen und als normale Bildung eine Zusammensetzung aus feinsten Fäserchen, sogenannten Achsenfibrillen, die durch eine in geringer Menge vorhandene Zwischensubstanz, die ich *Neuroplasma* nennen will, von einander getrennt sind (Fig. 112). Dieses Neuroplasma stellt sich nach *M. Joseph* an mit Osmium und Alkohol behandelten Nervenfasern als ein sehr zartes Netz von Blättchen dar (Berl. Sitzungsber. 13. Dez. 1888, Fig. 1), in dessen Maschen er sich die Achsenfibrillen liegend denkt, die jedoch in solchen Präparaten nicht sichtbar waren, eine Angabe, die jedenfalls weitere Prüfung verdient, obschon man sich des Gedankens nicht erwehren kann, dass das fragliche Netz kein natürliches ist, namentlich auch weil es mit dem Netze des Markes zusammenhängen soll, welches jedenfalls als ein Kunstprodukt anzusehen ist.

Die Achsenfibrillen sieht man sehr schön nach Behandlung der Nerven mit Osmium oder mit sehr dünnen Silberlösungen, die die Achsencylinder braun färben, an Längs- und Querschnitten und auch an ganzen Achsencylindern. Ich empfehle vor Allem die Nervenfasern der weissen Substanz des Markes des Ochsen für diese Untersuchung, an denen auch die scharfe Begrenzung der Achsencylinder kaum anders, denn als eine besondere Hülle gedeutet werden kann. Nach Osmiumbehandlung kommen in den Achsencylindern ausser Fibrillen auch viele kleine Punkte und Strichelchen zum Vorschein, die vielleicht dem *Neuroplasma* angehörige interstitielle Körnchen darstellen. — Durch Behandlung mit Höllenstein werden die Achsencylinder zierlich querstreifig und bilden sich Niederschläge von dunklen Körnchen in denselben, die in der Gegend der Querstreifen besonders reichlich angehäuft sind. Ob diese Querstreifen eine besondere Bedeutung besitzen, ist unbekannt, und bemerke ich nur, dass auch kleinste Arterien der Centraltheile in ihrer Muskelhaut durch Silber oft zierlich und dicht querstreifig werden.

Die Nervenfasern beider Arten finden sich in sehr verschiedenen Durchmessern und können hiernach als feine von 1—4 μ, mitteldicke von 4—9 μ und dicke von 9—20 μ unterschieden werden (Fig. 105). Mit der verschiedenen Dicke der Fasern scheinen auch gewisse Verschiedenheiten der Leistungen zusammenzuhängen, denn wenn auch sensible und motorische Nerven feinste und gröbste Fasern enthalten, so haben doch die letzteren einen Ueberschuss von gröberen Fasern. Doch darf die Bedeutung dieser Verhältnisse nicht überschätzt werden, indem einmal viele Fasern während ihres Verlaufes zur Peripherie oder zu ihren Ursprüngen an Dicke abnehmen, zweitens *Schwalbe* gezeigt hat, dass die längsten Spinalnervenfasern in den Wurzeln am dicksten sind. Der Verlauf der Nervenfasern ist entweder so, dass eine Faser für sich von ihrer Ausgangsstelle bis zum Ende verläuft, oder es theilen sich dieselben, vorzüglich in ihrer Endausbreitung, in eine grössere oder kleinere Zahl von Aesten, oder endlich bilden dieselben, jedoch, so viel man weiss, nur an ihren Enden, wirkliche Verbindungen und Netze. Ausser dieser Endigungsweise finden sich dann noch solche mit freien Ausläufern, die in den einzelnen Organen mannigfache Abweichungen darbieten, unter denen diejenigen die bemerkenswerthesten sind, die bei den Sinnesorganen und den Muskeln sich finden.

Alle Nervenfasern stehen mit Nervenzellen in Verbindung, so dass sie entweder von denselben entspringen oder in ihrem Verlaufe durch dieselben unterbrochen werden. Die Nervenzellen (Fig. 105), oder wie sie in den Ganglien heissen, Ganglienzellen oder Ganglienkugeln, sind mit den gewöhnlichen Eigenschaften der Zellen begabt, besitzen jedoch in den grossen Centralorganen bestimmt keine Zellenmembran und entbehren einer solchen auch in den Ganglien bei vielen Geschöpfen. Ihr Inhalt ist feinkörnig, festweich, sehr häufig gefärbt und umschliesst ohne Ausnahme einen zierlichen bläschenförmigen Kern mit Einem oder mehreren grossen *Nucleoli.* In der Grösse schwanken die Nervenzellen von 12—90 μ, und was ihre Formen anlangt, so zerfallen sie vorzüglich in rundliche, birnförmige, spindel- und sternförmige. Die meisten, vielleicht alle Nervenzellen entsenden einen, zwei, drei bis acht und noch mehr Fortsätze, welche in den einen Fällen nach kurzem Verlaufe in markhaltige Nervenröhren übergehen, in den anderen eine grössere Selbständigkeit beurkunden, indem sie, im Ansehen marklosen Nerven ganz gleich, oft auf weite Strecken verlaufen und hierbei mannigfaltig sich verästeln. Wie diese letzteren Fortsätze schliesslich enden, ob frei oder im Zusammenhange mit Nervenröhren, oder durch Verbindung mit ähnlichen Fortsätzen, ist noch nicht ausgemacht, doch ist so viel sicher, dass dieselben an gewissen Orten (*Retina* nach *Corti* und *mir*) in echte Nervenröhren übergehen.

Nervenfasern und Nervenzellen vereinen sich zu zwei in ihren Endgestalten sehr verschieden gebauten Geweben, dem grauen und weissen Nervengewebe, besser Nervenzellen- und Nervenfasergewebe (*Substantia grisea et alba*). Das Letztere bildet das sogenannte weisse Mark oder die Markmasse von Rückenmark und Gehirn und die Nerven und besteht in den Centralorganen wesentlich aus bündelweise zusammengefassten oder sich durchflechtenden Nervenröhren, einem Stroma einer eigenthümlichen Stützsubstanz, der sogenannten *Neuroglia*, welche wesentlich aus platten, sternförmigen, vielleicht anastomosirenden Zellen besteht und zahlreiche, von Bindegewebe begleitete Blutgefässe enthält. In den peripherischen Nerven werden die Nervenfasern von zarten bindegewebigen Scheiden mit meist spindelförmigen Bindegewebskörperchen umhüllt, die oft wie besondere Röhren um die einzelnen Fasern, sogenannte *Henle*'sche Scheiden, bilden. Kleinere Nerven haben ausserdem noch ihre besondere bindegewebige Umhüllung und in grossen Nerven tritt dieses sogenannte *Neurilemma* oder *Perineurium* (*Endoneurium, Epineurium, Perineurium* der Autoren) massenhaft, z. Th. mit Fettzellen auf und bildet stärkere und schwächere Scheiden, in denen verschiedene Formen von Bindegewebe, z. Th. mit elastischen Fasern und mit einfacher Bindesubstanz untermengt und zahlreiche Gefässe sich finden.

Das graue Nervengewebe besteht wesentlich aus Nervenzellen, enthält jedoch immer Nervenfasern in wechselnder Menge und zeigt ausserdem in den Ganglien einfache Bindesubstanz in Form von epithelähnlichen Zellen als Umhüllungsgewebe. Im Gehirn und Mark ist die Stützsubstanz, *Neuroglia*, in der grauen Substanz eigenthümlich zart und wie feinkörnig oder schwammig und besteht z. Th. aus Stützzellen (Gliazellen) mit zahlreichen verästelten Ausläufern, z. Th. aus den feinsten Enden der verästelten Nervenzellenfortsätze und den feinsten Anfängen oder Enden dunkelrandiger Fasern, die vielleicht

auch verästelt sind. Auch dieses Gewebe enthält zahlreiche Blutgefässe und zwar mehr als das Nervenfasergewebe.

Die Nervenzellen entwickeln sich aus bestimmten Zellen des Ektoderms von Embryonen, während die Nervenfasern einfach als Ausläufer der Nervenzellen entstehen. Am einfachsten gestalten sich die Verhältnisse bei den Rückenmarksnerven. Die motorischen Wurzeln sind anfangs nichts als Bündel von Achsencylindern, welche als Auswüchse der motorischen Zellen der späteren Vorderhörner auftreten und wachsen diese nackten Achsencylinder als geschlossene Bündel peripherisch weiter, um dann nach und nach sich zu verästeln. In ähnlicher Weise wachsen nach *His* die sensiblen Fasern theils von den *Ganglia spinalia* aus in das Rückenmark hinein, theils nach der Peripherie und stellen ebenfalls nichts als feine marklose Fäserchen dar. Die Wurzeln und Stämme der Rückenmarksnerven sind so anfänglich nichts als Bündel feinster Achsencylinder, um welche jedoch bald mesodermatische Zellen eine Umhüllung bilden (Fig. 113). Später wachsen dann diese Zellen zwischen die Achsencylinder hinein und gestalten sich nach und nach zu den *Schwann*schen Scheiden. Die genaueren hierbei stattfindenden Vorgänge ergeben sich am leichtesten an den Nervenenden der Schwänze der Amphibienlarven (*Rouget*, *ich*). Hier legen sich in der Nähe der Enden der verästelten Achsencylinder aus dem umliegenden Mesoderm von Stelle zu Stelle Zellen an (Fig. 113), umscheiden dieselben, und bilden so die erste Anlage der *Schwann*'schen Scheiden. Jeder dieser Zellen entsprechend tritt dann zwischen denselben und dem Achsencylinder Nervenmark auf, in Gestalt kurzer Röhren, die nicht miteinander zusammenhängen, womit dann die Segmentirung der Nerven und die *Ranvier*'schen Einschnürungen gegeben sind (Fig. 114). Anfangs sehr kurz wachsen dann die Segmente in die Länge und vermehren sich vielleicht auch, entweder durch Interkalation neuer *Schwann*'scher Zellen (*Vignal*) oder durch Theilungen dieser Zellen, wie sie von mir nachgewiesen wurden (Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 43, Fig. 1).

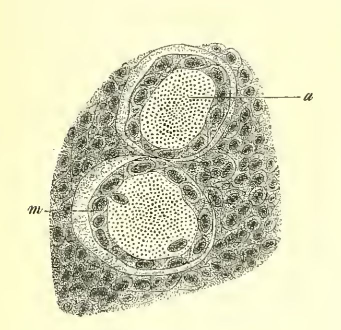


Fig. 113.

Stehen Nervenfasern in ihrem Verlaufe mit mehr als Einer oder mit vielen Nervenzellen in Verbindung, wie vor Allem im *Sympathicus*, so gehen dieselben höchst wahrscheinlich aus anastomosierenden Nervenzellen hervor, die unter wiederholten Theilungen in die Peripherie sich entwickeln und fortlaufend Achsencylinder aus sich heraustreiben. Da meine Hypothese, dass die peripherischen Ganglien alle von den Stammganglien der Kopf- und Rückenmarksnerven abstammen, welche ich seiner Zeit nur auf die von *Remak* und *mir* gemachte Beobachtung von der primitiven Verbindung der *Ganglia ciliaria, nasalia* und *otica* mit dem *Ganglien Gasseri* stützen konnte (Entwickelungs-

Fig. 113. Zwei Bündel aus dem Querschnitte der hinteren Wurzel eines *Nervus spinalis* eines menschlichen Embryo von 8,5 mm Länge, *m* mesodermatische Scheide, *a* Bündel von Achsencylindern, von denen das eine oberflächlich schon zwei Mesodermkerne enthält. Starke Vergr.

gesch. 2. Aufl. S. 605), nun durch *Onodi* fest begründet worden ist (S. bes. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 26, 1886), so hätte man sich zu denken, dass die Spinalganglien durch Knospenbildungen die grossen sympathischen Ganglien und diese wiederum durch fortgesetzte Wucherungen schliesslich alle peripheren Ganglien bilden. Hierbei würden die Nervenzellen wiederholt und oft sich

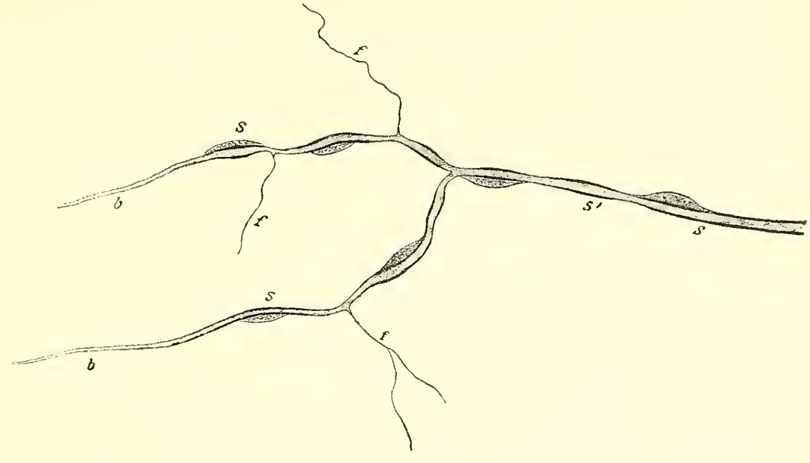


Fig. 114.

theilen, jedoch immer durch Zwischenfäden (Achsencylinder) mit einander in Verbindung bleiben und so schliesslich eine zusammenhängende Kette von Zellen und Achsencylindern vom Centrum bis zur Peripherie entstehen.

Bei den eigenthümlich gebauten Olfaktoriusfasern ist die Entwickelung abweichend von anderen Nerven so, dass dieselben als kernhaltige Bündel feinster Fäserchen aus dem *Bulbus olfactorius* entspringen, über deren Deutung meine Mitth. z. Entw. d. Auges u. Geruchsorg. menschl. Embryonen in Würzb. Verh. 1883 zu vergleichen ist.

Die physiologische Bedeutung des Nervengewebes liegt darin, dass dasselbe einmal die Bewegungen und Empfindungen vermittelt, zweitens auch einen gewissen Einfluss auf die vegetativen Verrichtungen ausübt und drittens den Seelenthätigkeiten als Vermittler dient, bei welchen Verrichtungen allen, nach den bis jetzt ermittelten Thatsachen, das graue Nervengewebe die bedeutungsvollere Rolle spielt, das weisse mehr nur als leitendes Bindeglied zwischen ihm und den Organen dient.

Der Stoffwechsel im Nervengewebe muss namentlich in der grauen Substanz sehr lebhaft sein, wie das viele Blut, das derselben zuströmt, deutlich beweist, doch sind die Zersetzungsprodukte dieses Gewebes noch wenig bekannt. Die weisse Nervensubstanz erzeugt sich nach Substanzverlusten und Durch-

Fig. 114. Eine Nervenfaser von *Rana*, in der die Markbildung bereits begonnen hat, und markhaltige und marklose Fasern *b* aneinanderstossen; *s'* Segmente mit Mark, die den Kern der *Schwann*'schen Scheide meist deutlich, doch nicht immer in der Mitte zeigen; *s* Segmente, deren Markscheide kaum länger ist als der Kern der *Schwann*'schen Zellen; *f* feinste blasse Endigungen (nackte Achsencylinder), die von den Einschnürungsstellen der anderen Fasern ausgehen.

schneidungen in den Nerven ziemlich leicht wieder, schwieriger im Rückenmark und geht die Regeneration von den Achsencylindern der alten Fasern unter Mitbetheiligung der *Schwann*'schen Scheide aus in der Weise, dass bei motorischen Fasern sicher und vielleicht auch bei den sensiblen Fasern die Regeneration an dem Theile des Achsencylinders auftritt, der noch mit seiner Nervenzelle in Verbindung steht. Zufällige Bildung von Nervenröhren ist in pathologischen Neubildungen beobachtet, ja es scheint selbst im Gehirne (*Virchow*) und im Eierstocke krankhafter Weise eine Bildung grauer Substanz vorkommen zu können.

Die aus Nervensubstanz zusammengesetzten Organe sind: Die Nervenstränge und Nervenhäute (*Retina*, elektrische Organe der Fische), die Ganglien, das Rückenmark und das Gehirn.

Balfour (Compar. Embryol., Elasmobr. Fishes and Phil. Transact. Vol. 166), *Beard* (Quart. Journ. Bd. 29) und *Dohrn* (Mitth. d. zool. Stat. Neapel VIII) sprechen sich mit mehr oder weniger Bestimmtheit dahin aus, dass die motorischen Wurzeln als zellenhaltige Bildungen aus dem Rückenmarke hervorwachsen. Dem ist sicher nicht so, wie die bestimmtesten Beobachtungen bei Säugern und beim Menschen lehren (*His*, *ich*) und haben diese Forscher offenbar Mesodermzellen, die auf die primitiven Nerven sehr früh sich anlegen, für Markzellen gehalten.

Man glaubte bisher, dass nur die markhaltigen Nervenfasern mit Scheide *Ranvier*'sche Einschnürungen zeigen, nun beschreiben aber *Tourneux* und *Le Goff* (Journ. de l'Anat. 1875) und *Schiefferdecker* (l. i. c.) solche auch aus dem Rückenmark von Säugern und vom Frosche, von dessen Fasern man keine *Schwann*'schen Scheiden kennt, und stützen sich hierbei auf Silberbilder. Die *Ranvier*'schen Einschnürungen erscheinen nämlich nach Höllensteinbehandlung als schwarze Querlinien und da meist auch die benachbarten Theile der Achsencylinder sich färben, so entstehen dann an diesen Stellen die von *Ranvier* abgebildeten dunklen Kreuze. Aehnliche Kreuze zeigen nun auch nach den genannten Beobachtern Rückenmarkfasern und zwar nach *Schiefferdecker* mit einer grossen queren Scheibe (l. c. Fig. 1. 2) und scheinen demnach auch hier *Ranvier*'sche Einschnürungen vorzukommen. Bei einer Untersuchung des Rückenmarkes des Ochsen war ich nicht in der Lage diese Angaben zu bestätigen. Die versilberten Achsencylinder zeigen allerdings häufig Verbreiterungen, allein dieselben treten so unregelmässig auf, dass nicht daran zu denken ist, dieselben für normale Bildungen zu halten. Unterbrechungen des Markes müssten ferner auch an frischen Fasern der Centralorgane oder nach Behandlung derselben mit *Osmium* sichtbar sein, was nicht der Fall ist. Besonders beweisend sind Schnitte in Chromsäure erhärteter Theile, die mit kaustischen Alkalien behandelt werden, in denen, wie z. B. bei der Rinde des grossen Hirns, die markhaltigen Fasern auf grosse Längen sich verfolgen lassen und Unterbrechungen des Markes nothwendig zur Anschauung kommen müssten, wenn dieselben vorhanden wären. Ich bin daher der Ansicht, dass vorläufig kein Grund vorliegt, um von der alten Ansicht abzugehen, dass nur die peripherischen Fasern, und selbst diese mit Ausschluss des *Opticus*, *Ranvier*'sche Einschnürungen besitzen.

Markhaltige Nervenröhren finden sich bei den meisten Wirbelthieren mit Ausnahme des Amphioxus und der Cyclostomen. Beachtenswerth sind die ungemein zahlreichen Verästelungen derselben in den elektrischen Organen der Fische, unter denen der Zitterwels obenan steht, indem dessen Organe, jedes von einer einzigen dicken Primitivfaser, versorgt werden, die in ihrem Verlaufe unzählige Male sich theilt. Sehr merkwürdig sind auch die grossen Nervenzellen von *Lophius*, deren Zellleib von Kapillaren durchsetzt wird (*Fritsch*), die als in die Zellen ein- und durch dieselben gewachsen anzusehen sind. — Bezüglich auf die Nervenzellen und ihre Beziehungen zu Nervenfasern verdienen besonders die Untersuchungen von *Golgi* und *Nansen* alle Beachtung. Nach denselben geben 1. die Achsencylinderfortsätze der Nervenzellen im Innern der grauen Substanz feine Seitenzweige ab, die sich verästeln, 2. haben diese verästelten

Fortsätze eine doppelte Bedeutung. Die einen (*Protoplasma*-Fortsätze von *Nansen*) sind nur Ernährungsapparate der Zellen, während die anderen (nervöse verästelte Fortsätze, *Nansen*) die Bedeutung von nervösen Theilen haben. Ferner behaupten beide Forscher, dass die *Protoplasma*-Fortsätze nicht anastomosiren, wohl aber lässt *Nansen* (*Golgi* spricht sich in dieser Beziehung nicht mit Bestimmtheit aus) die nervösen verästelten Fortsätze gewisser Nervenzellen und die Nebenausläufer der Achsencylinderfortsätze in der grauen Substanz wirkliche Anastomosen bilden, an welchem Nervenfasernetze ausserdem noch die sensiblen Fasern sich betheiligen sollen, die nicht von Zellen entspringen, sondern in den Centralorganen in feinste Aeste sich auflösen. (Siehe auch *Haller* in Morph. Jahrb. Bd. XII). Bei so bewandten Verhältnissen würden die Uebertragungen von sensiblen auf motorische Elemente nicht durch Zellen, sondern durch das centrale Nervenfasernetz sich machen, welches *Nansen* als Sitz der höchsten nervösen Funktionen zu betrachten geneigt ist, während er zugleich die Nervenzellen in die Rolle untergeordneter nutritiver Apparate herabdrängt.

Unterscheiden wir bei diesen Aufstellungen das Thatsächliche von dem Hypothetischen, so ergiebt sich

1. dass Anastomosen der verästelten Fortsätze der Nervenzellen bis anhin nicht beobachtet sind und zwar gilt dies nicht nur von den Fortsätzen, welche die genannten Autoren als nutritiv bezeichnen, sondern auch von den anderen. *Golgi* behauptet überhaupt nicht, wenn ich ihn recht verstehe, dass dieselben wirklich anastomosiren und jedenfalls haben weder *er* noch *Nansen* solche Anastomosen gesehen oder abgebildet.

2. Darf es auch nach meinen Untersuchungen als richtig bezeichnet werden, dass die Achsencylinderfortsätze Seitenzweige abgeben, deren Bedeutung annoch räthselhaft ist.

3. Dass die centripetalen sensiblen Fasern sich alle verästeln und nicht mit Zellen zusammenhängen, ist eine Annahme, die theilweise berechtigt erscheint (*Myxine*, *Nansen*), aber keineswegs, auch bei *Myxine* nicht, so sicher erwiesen ist, dass sie als Gesetz aufgestellt werden könnte und erinnere ich in dieser Beziehung nur an die so sehr wichtigen neuesten Untersuchungen von *His*, denen zufolge die sensiblen Wurzelfasern aus den Zellen der Spinalganglien hervorwachsen. Ebenso haben *Corti* und *ich* schon vor langer Zeit beobachtet, dass die Nervenzellen der Netzhaut mit ihren verästelten Ausläufern in Opticusfasern übergehen.

4. Für in keiner Weise berechtigt halte ich die Annahme, dass die verästelten Zellenfortsätze der multipolaren Zellen vom Gehirn und Mark z. Th., oder (*Purkinje*'sche Zellen z. B.) ganz nicht nervös seien. Diese Fortsätze haben alle denselben Bau und wenn die einen nervös sind, so sind es auch die anderen.

5. Noch weniger begründet erscheint mir die Hypothese von *Nansen* über die Bedeutung der Nervenzellen und begreift man nicht recht, wie dieser hervorragende Forscher und Grönlandfahrer zu derselben gelangen konnte, da er ja selbst im Innern aller Nervenzellen seine primitiven Nervenröhrchen findet und diejenigen der Nervenfasern mit denen der Zellen zusammenhängen lässt. Selbst wenn man alle Aufstellungen von *Nansen* über den Zusammenhang der Nervenelemente als richtig annähme, so liessen sich doch leicht die Zellen als bei den Reflexen betheiligt ansehen, indem man nur anzunehmen brauchte, dass in den Ausläufern derselben eine doppelsinnige Leitung vorhanden ist. So könnte z. B. eine motorische Zelle vom centralen Nervennetze aus durch gewisse Fibrillen (Röhrchen, *Nansen*) ihres Achsencylinderfortsatzes centripetal erregt werden und durch andere centrifugale Wirkungen entfalten.

Die Nerven der Wirbellosen, von denen viele merkwürdige kolossale Nervenfasern und Nervenzellen enthalten, scheinen keine markhaltige Fasern zu führen, doch sind trotz vielfältiger Untersuchungen über dieselben noch keine endgültigen Ergebnisse erzielt, wie selbst die neuesten umfassenden Arbeiten von *v. Leydig* und *Nansen* lehren. *Nansen* lässt die Nervenfasern dieser Geschöpfe mit Inbegriff derer der Cyclostomen und des *Amphioxus* aus feinsten Röhrchen (*primitive tubes*) bestehen, die eine weiche tropfenbildende Substanz enthalten. Diese Röhrchen besitzen jedoch nach ihm keine selbständige Wand, und sind nicht isolirbar, vielmehr erfüllt die betreffende Substanz Lücken eines zusammenhängenden zarten Fächerwerkes, welches *Nansen* mit *Leydig* als *Spongioplasma* bezeichnet, während der Inhalt *Hyaloplasma* genannt wird. Ich halte beide diese Bezeichnungen für unzutreffend und verweise in dieser Beziehung

auf den § 6 und ebenso ist die Beschreibung von *Nansen*, wie mir scheint, keine glückliche. Der Inhalt der vermeintlichen Röhrchen enspricht offenbar den Achsenfibrillen der höheren Geschöpfe und die dieselben umgebende Substanz, die nur durch Reagentien deutlicher hervortritt, ist dem oben *Neuroplasma* genannten Theile der Achsencylinder zu vergleichen. Um einigermassen die weiche Beschaffenheit des *Nansen*'schen Röhrcheninhaltes auszudrücken, will ich diesen Bestandtheil der Nervenfasern Achsenfäden nennen, die man sich wie Fäden, die Honig zieht, denken mag, und seine Röhrchenwände *Neuroplasma*. Diese beiden Theile verhalten sich so zu einander wie die Muskelfibrillen und das *Sarcoplasma* und halte auch ich die Achsenfäden für den leitenden Bestandtheil der Nervenfasern. Alle Beachtung verdient übrigens noch, dass die feinsten Nervenfasern der Wirbellosen nur einen einzigen Achsenfaden enthalten, und solche Elemente sind wohl den feinsten nackten Achsencylindern der höheren Geschöpfe sehr nahestehend. — In den Nervenzellen der Wirbellosen lassen sich dieselben zwei Elemente als wesentliche Theile wieder erkennen, ausserdem aber auch ein nicht besonders organisirtes *Protoplasma*. Die scheinbar feinkörnige Substanz der Centralorgane der Wirbellosen, die sogenannte Punktsubstanz von *Leydig*, besteht nach *Nansen* aus indifferenter Stützsubstanz, *Neuroglia*, aus Nervenverästelungen und aus feinsten Nervenenden (*primitive tubes*) und soll das von ihm angenommene Nervennetz enthalten. Dieselbe würde somit im Wesentlichen mit dem zellenfreien Theile der grauen Substanz der höheren Thiere übereinstimmen. Man vergleiche auch die Angaben von *Rawitz, Haller* und *Rohde*.

Mit Bezug auf die Bedeutung der einzelnen Nervenelemente, so beweist das Vorkommen markloser Fasern bei vielen Geschöpfen und auch bei höheren Wirbelthieren an bestimmten Stellen (*Ranvier*'sche Einschnürungen u. s. w.), dass dem Nervenmark keine wichtigere Rolle zukommt. Dasselbe gilt von der *Schwann*'schen Scheide und erscheint somit der Achsencylinder als der einzig wesentliche Theil der Nervenfasern. Sollte derselbe in der That aus Fibrillen und einer Zwischensubstanz bestehen, so würde ich unbedingt die Fibrillen (Achsenfäden der Wirbellosen) als die leitenden Theile ansehen, indem ja die letzten Enden der Nervenfasern an vielen Orten unmessbar feine Fäserchen sind, deren Konsistenz jedoch unzweifelhaft eine geringe ist, wie die auch an solchen Elementen vorkommenden Varicositäten beweisen. Die Nervenzellen halte ich, wie oben schon dargelegt wurde, für sensible, motorische und psychische Centren und betone ich hier noch als vollbeweisend den Ursprung der motorischen Fasern von den Achsencylinderfortsätzen gewisser Zellen, das Vorkommen bipolarer Zellen im Verlaufe von Nervenfasern und gewisse physiologische Thatsachen, die hier nicht besonders aufgezählt werden können. Mit Bezug auf die in neuerer Zeit besonders hervorgehobene nutritive Funktion der Nervenzellen möchte ich nun aber doch noch bemerken, dass es mir immer als selbstverständlich vorgekommen ist, dass die Nervenzellen einen Einfluss auf den Stoffwechsel ihrer Ausläufer haben. Ebensogut wie diese Zellen die Achsencylinder von Nervenfasern aus sich hervortreiben, werden dieselben auch später eine Einwirkung auf die Ernährung derselben haben, wie dies bei allen verästelten Zellen anzunehmen ist.

In neuester Zeit beschreibt *Adamkiewicz* unter dem Namen Nervenkörperchen Zellen, die zwischen *Schwann*'scher Scheide und Mark liegen sollen, von denen so Sonderbares gemeldet wird, dass mit Sicherheit hervorgeht, dass entweder Verwechslungen mit Kernen der *Schwann*'schen oder *Henle*'schen Scheide oder Kunstprodukte vorlagen. Oder was soll man Anderes sagen, wenn man erfährt, dass diese Körperchen nur beim Menschen, erst von der Pubertät an und so zu sagen nur an groben Nervenfasern vorkommen (Wien. Sitzungsber. Bd. 97. 1888)?

Litteratur. *G. Valentin*, Ueber den Verlauf und die letzten Enden der Nerven, in Nov. Act. Natur. Curios. Vol. XVIII. T. I.; *Remak*, Observ. anatomicae et microsc. de syst. nerv. struct. Berol. 1838; *A. Hannover*, Recherches microscopiques sur le système nerveux. Copenhague 1844; *R. Wagner*, Neue Unters. über den Bau und die Endigungen der Nerven und die Struktur der Ganglien. Leipzig 1847, und Neurol. Untersuchungen in Gött. Anz. 1850—54; *Bidder* und *Reichert*, Zur Lehre vom Verhältnisse der Ganglienkörper zu den Nervenfasern. Leipzig 1847, *Ch. Robin* in L'Inst. 1846. No. 687—690 und 1848. No. 733; *Kölliker*, Neurologische Bemerkungen, in Zeitschr.

f. wiss. Zool. I. p. 135, und die Unters. von *Golgi* in Anat. Anz. 1887 No. 75 und Ber. d. Würzb. phys.-med. Ges. 1887; *Stilling*, Ueber den Bau der Nervenprimitivfaser und der Nervenzelle, 1856; *L. Mauthner*, Beitr. z. näh. Kenntniss der morphologischen Elemente des Nervensystems. Wien 1860; *Waldeyer* in Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XX. p. 49; *J. Arnold* in *Virch.* Arch. XXVIII. p. 433; XXXI. p. 1; *G. Walter*, Mikr. Studien ü. d. Centralnervens. wirbelloser Thiere. Bonn 1863; *R. Buchholz* in *Müll.* Arch. 1863. p. 234 u. 265; *C. Frommann* in *Virch.* Arch. Bd. 31. p. 129; Bd. 33. p. 168; *P. Owsjannikow* in Mém. d. l'Acad. de Petersbourg. T. VI. No. 10; *V. Hensen* in *Virch.* Arch. Bd. 30. p. 176, Bd. 31. p. 51; *Schwalbe* in Arch. f. mikr. Anat. IV. 1868; *M. Schultze*, Obs. de struct. cellularum fibrarumque nervearum, Bonn. Progr 1868; *Rindfleisch* in Arch. f. mikr. Anat. VIII. 1872; *J. Gerlach*, Med. Centralbl. 1875; *Fr. Boll* in Arch. f. Psychiatrie. 1873. Bd. IV; *Ranvier*, Compt. rend. T. 81. 1875 (tubes en T.), 1882; Leçons sur l'histologie du système nerveux 1878: *Rouget* in Arch. d. Phys. 1875; *Kuhnt*, Mikr. Arch. 1876. Bd. XIII; *Engelmann* (Unt. aus d. Utrecht. Labor. V.); *Axel Key* u. *G. Retzius*, Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes 1875/76; *G. Retzius* in *His* u. *Braune's* Arch. 1880; *S. Mayer*, Arch. f. Psych. Bd. 6. 1876; *H. Schulze*, *His* u. *Braune's* Arch. 1878, Mikr. Arch. Bd. XVI. 1879; *Bellonci* Mem. d. Accad. dei Lincei 1879, 1880, 1881 und Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 35; *H. Gierke*, Die Stützsubstanz des Centralnervensystems in Arch. f. mikr. Anat. Bd. 25, 26. 1885/86; *Fr. Leydig*, Unters. z. Anat. u. Histol. 1883; Zelle und Gewebe. 1885; *Fr. Nansen*, The Structure and Combination of the hist. Elements of the Central Nervous System. Bergen 1887; *Boveri*, Abh. d. Bayer. Akademie. Bd. XV, II; *Kölliker* in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 43 (Entw. d. Nervenfasern); *C. Golgi* in Arch. ital. d. Biol. I—III. 1883, und Sulla fina anat. d. org. centr. d. syst. nervoso c. tavole 1885. Die übrigen Arbeiten von *Golgi* bei *Nansen*; *Vignal* in Arch. de phys. 1883. p. 373 und 1884 p. 177—364; *Ehrlich* in Deutsch. med. Wochenschr. 1886 No. 4 u. Biol. Centralbl. 1886 No. 7; *Jacobi* in Würzb. Verh. 1886; *Cattani*, apparecchio di sostegno della mielina, Torino 1886; *His* in Ber. d. sächs. Ak. 1886. S. 290; *Fritsch* in Mikr. Arch. Bd. 27., Anat. Anz. 1886 No. 11; *Schiefferdecker* in Mikr. Arch. Bd. 30, 31. Ausserdem vergleiche man die Handbücher von *v. Leydig*, *Stricker* (Artikel von *M. Schultze*, *Meynert*, *J. Mayer*), *Ranvier*, *Schwalbe* (Anatomie) und das Werk von *Nansen*, welches die gesammte vergl. Litteratur enthält.

Spezielle Gewebelehre.

Von der äusseren Haut.

I. Von der Haut im engeren Sinne.

A. Lederhaut.

§ 39.

Die äussere Haut, *Integumentum commune* (Fig. 115), setzt sich aus einem flächenartig ausgebreiteten, den ganzen Körper überziehenden Theile

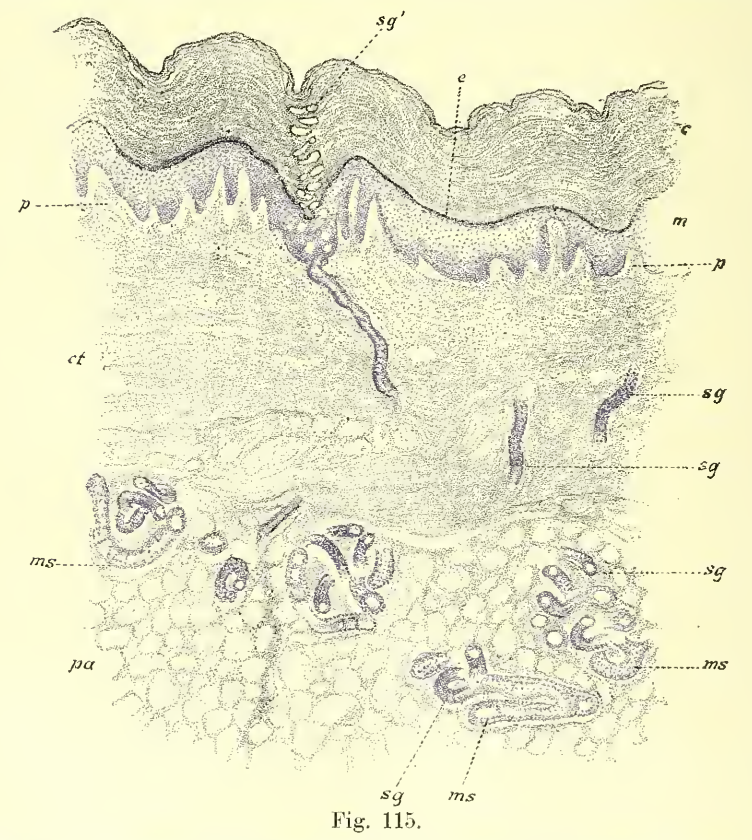


Fig. 115.

Fig. 115. Senkrechter Durchschnitt durch die Haut des Menschen; mittl. Vergr. *c Stratum corneum*; *m Stratum Malpighii*, *e* Eleidinlage desselben, *ct* Lederhaut; *p* deren Papillen; *sg* Schweissgänge in der *Cutis*, *sg'* in der Oberhaut; *ms* mit Muskeln versehene Theile der Schweissdrüsen im *Panniculus adiposus*.

und vielen in dieselbe eingelagerten Organen zusammen, die in zwei Gruppen zerfallen, in Horngebilde (Haare und Nägel, bei Thieren Federn, Schuppen, Krallen, Klauen, Hufe, Hohlhörner) und in Drüsen (Schweissdrüsen, Talgdrüsen und Milchdrüsen). Die Haut selbst, wie diese besonderen Organe, bestehen aus zwei Bestandtheilen, einmal einem gefäss- und nervenreichen, wesentlich aus Bindegewebe gebildeten Abschnitte, der Haut im engeren Sinne, *Cutis*, *Derma*, der vom mittleren Keimblatte abstammt, und einem gefässlosen Zellenbelege, der Oberhaut, Epidermis, der dem Ektoderm oder Hornblatte seinen Ursprung verdankt.

§ 40.

Die Haut im engeren Sinne, *Cutis, Derma* (Fig. 115), zerfällt ihrerseits wieder in zwei Schichten, eine lockere, tiefere, das Unterhautbindegewebe, *Stratum subcutaneum*, welches an den meisten Orten viele Fettzellen einschliesst und dann Fetthaut, *Panniculus adiposus* heisst, und eine oberflächlichere festere Lage, die Lederhaut, *Corium*, welche vermöge ihres Nerven- und Gefässreichthums den wichtigsten Theil der Haut ausmacht. Durch das Unterhautbindegewebe verbindet sich die Haut mit den tieferen Theilen (Muskelbinden, Knochen u. s. w.) und an den Oeffnungen des Körpers gehen beide Lagen der *Cutis* in die entsprechenden Theile der Schleimhäute des Darmkanales, der Nasenhöhle, der Conjunctiva und des Urogenitalsystems über.

§ 41.

Das Unterhautbindegewebe, *Stratum subcutaneum*, ist eine mässig feste, vorwiegend aus Bindegewebe gebildete Haut, welche an den meisten Stellen des Körpers in besonderen Maschenräumen eine beträchtliche Menge von Fettzellen einschliesst und die 2—14 mm dicke Fetthaut, *Panniculus adiposus*, darstellt, an einigen Orten dagegen, wie z. B. am Ohre, den Augenlidern, dem *Scrotum*, *Penis*, den Nymphen, fettarm oder selbst ganz fettlos sich zeigt und meistens 1,0—1,5 mm misst. Die innerste Lage des Unterhautbindegewebes, die am Rumpfe und Oberschenkel eine mässig feste, fettlose Binde, die *Fascia superficialis*, darstellt, liegt verschiedenen Theilen, wie Muskelbinden, Knochen- und Knorpelhäuten, Muskeln und tiefen Fettanhäufungen auf und verbindet sich bald locker, bald, wo sehnige Streifen (*Retinacula cutis*), Aponeurosen oder Muskeln in die Haut gehen, fester mit denselben, wie besonders im Gesichte, am Schädeldache, an der *Glans penis*, unter den Nägeln, an der Handfläche und Fussohle. Die äussere Fläche des Unterhautgewebes haftet meist fest an der eigentlichen Lederhaut, namentlich wo Haarbälge in dieselbe sich einsenken, wie am Kopfe, dagegen lässt sich eine mächtigere Fetthaut ziemlich leicht von der *Cutis* trennen.

§ 42.

Die Lederhaut, *Corium*, ist eine derbe, elastische, aus Bindegewebe mit reicher Beimengung von elastischem Gewebe gebildete Haut, die an den dickeren Stellen zwei, jedoch nicht scharf geschiedene Lagen zeigt, die man als *Pars reticularis* und *papillaris* bezeichnen kann. Die *Pars reticu-*

laris corii bildet die innere Lage der Lederhaut und stellt eine weissliche, netzförmig durchbrochene, in ihren tiefsten Lagen manchmal deutlich geschichtete Haut dar, die in besonderen, engeren oder weiteren, spärlichen oder zahlreichen Maschenräumen die Haarbälge und Drüsen der Haut sammt ziemlich vielem Fett umschliesst. Die *Pars papillaris corii*, die Wärzchenschicht, ist der grauröthliche, äussere, an die Oberhaut stossende Theil der eigentlichen Lederhaut (Fig. 115, 116), der in seinem dichten, festen Gewebe den oberen Theil der Haarbälge und Hautdrüsen und die Endausbreitung der Gefässe und zum Theil auch der Nerven der Haut enthält. Die wichtigsten Theile derselben sind die Hautwärzchen, *Papillae corii* (Fig. 116), welche mit Bezug auf den inneren Bau in zwei Arten, die Gefässwärzchen und die Nervenwärzchen zerfallen. Dieselben sind kleine, halbdurchscheinende, biegsame, jedoch ziemlich fest gebaute Erhabenheiten der äusseren Fläche der Lederhaut, die meist einfache, walzenförmige oder kegelförmige Gebilde darstellen, an gewissen Orten aber auch in mehrere Spitzen auslaufen (zusammengesetzte Wärzchen). Mit Bezug auf die Stellung und Zahl, so sind die Papillen an

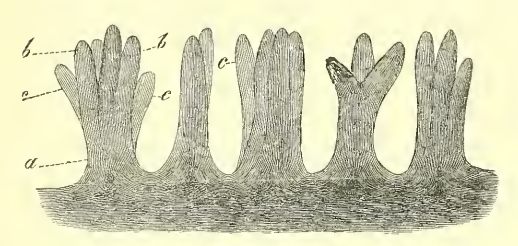


Fig. 116.

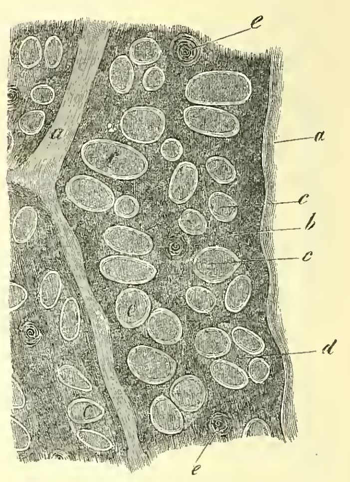


Fig. 117.

der Handfläche und Fussohle ungemein zahlreich (*E. H. Weber* rechnet auf 1 □''' der *Vola manus* 81 zusammengesetzte oder 150—200 kleinere Papillen; *Meissner* an der Oberfläche der Finger 400) und auf linienförmigen, 0,2 bis 0,7 mm breiten, 0,1—0,4 mm hohen Erhabenheiten, den auch äusserlich an der Oberhaut erkennbaren Leisten oder Riffen der Lederhaut (Fig. 117) in der Art gelagert, dass dieselben ziemlich regelmässig zwei Hauptreihen, jede

Fig. 116. Zusammengesetzte Papillen der Handfläche mit 2, 3 und 4 Zacken 60mal vergr.; *a* Basis einer Papille; *bb* die einzelnen Ausläufer derselben; *cc* Ausläufer von Papillen, deren Basis nicht sichtbar ist.

Fig. 117. Flächenschnitt der Fersenhaut durch die Spitzen der Papillen eines ganzen und zweier halben Leistchen, 60mal vergr. Die reihenförmige Anordnung der Papillen, entsprechend den Leistchen der Lederhaut, ist deutlich sichtbar. *a* Hornschicht der Oberhaut zwischen den Leistchen, die wegen ihres wellenförmigen Verlaufes bei einem Schnitte durch die Spitzen der Papillen mit getroffen wird. *b* *Stratum Malpighii* der Oberhaut. *c* Papillen, welche in mehr als zwei Reihen stehen; da aber immer mehrere derselben auf gemeinschaftlicher Basis sitzen, so sind doch, so zu sagen, nur zwei Reihen zusammengesetzter Papillen da. *d* *Stratum Malpighii* zwischen den zu einer gemeinschaftlichen Basis gehörenden Papillen, das, weil weniger dick, etwas heller erscheint. *e* Schweisskanäle.

mit 2—5 Papillen in der Quere bilden, zwischen welchen Reihen in regelmässigen Abständen die Schweissgänge verlaufen (Fig. 117 *e*, Fig. 115). Anderwärts stehen die Papillen mehr regellos, entweder sehr dicht, wie an den *Labia minora*, der Clitoris, dem Penis, der Brustwarze, oder spärlicher, wie an den grossen Abschnitten der Glieder, am *Scrotum*, Halse, Brust, Bauche und Rücken, in welchen Gegenden mitten unter verhältnissmässig dicht stehenden Wärzchen, einzelne meist kleine Stellen vorkommen, wo dieselben sehr zerstreut stehen oder selbst gänzlich fehlen. Die Grösse der Papillen schwankt ziemlich bedeutend und beträgt im Mittel 55—100 μ. Die längsten von 110—225 μ finden sich an der Handfläche und Fussohle, der Brustwarze, dem Nagelbette und den kleinen Schamlippen. Die kürzesten von 35—55 μ zeigt das Gesicht, namentlich die Augenlider, Stirn, Nase, Wangen und Kinn, wo sie selbst gänzlich fehlen oder durch ein Netzwerk niedriger Leistchen ersetzt werden können, ferner die weibliche Brust (29—37 μ), das *Scrotum* und die Basis des Penis (35—55 μ). Die Breite der Papillen ist gewöhnlich drei Viertheile oder die Hälfte der Länge. Die Dicke der eigentlichen Lederhaut geht von 0,3—2,4 mm und beträgt an den meisten Orten 0,56—1,70 mm.

§ 43.

Die Lederhaut besteht vorzüglich aus Bindegewebe und elastischem Gewebe und enthält ausserdem auch glatte und quergestreifte Muskeln, Bindegewebskörperchen, Fettzellen, Blutgefässe, Saugadern und Nerven in verschiedener Menge.

Das Bindegewebe setzt sich in der Lederhaut selbst in der Tiefe aus gröberen, in den oberen Schichten aus feineren, drehrunden oder platten Bündeln, Balken und Blättern zusammen, die z. Th. in verschiedenen Richtungen sich kreuzen, z. Th. durch Austausch von Bündeln Netze bilden und in beiden Fällen rautenförmige Maschen begrenzen. Die meisten Bündel verlaufen wagrecht der Oberfläche gleich, doch kommen neben diesen auch senkrecht aufsteigende Züge vor, die namentlich die Gefässe, Nerven, Drüsengänge und Haarbälge begleiten. In der Fetthaut finden sich zwischen den zarteren Bindegewebsbündeln viele von Fettzellen erfüllte grössere und kleinere Räume, während in der *Fascia superficialis* und in der eigentlichen Lederhaut der Zusammenhang der Bündel ein sehr inniger ist und dieselben namentlich in der letzteren ein sehr derbes, andeutungsweise geschichtetes Gewebe bilden. — In den Papillen ist der faserige Bau nicht überall gleich deutlich und erscheint statt desselben oft ein mehr gleichartiges Gewebe, das häufig wie von einem einfachen hellen Häutchen begrenzt erscheint, ohne dass jedoch ein solches wirklich sich darstellen liesse. Andere Male ist die Oberfläche der *Cutis* an den Papillen und zwischen denselben feingezackt, wie wenn hier feine Bindegewebsbündelchen frei endeten.

Eine Kittsubstanz, die manche Autoren (*Tomsa, Toldt*) als Ausfüllungsmasse der Bindegewebslücken annehmen, ist mikroskopisch nicht nachweisbar, wenn auch nicht zu bezweifeln ist, dass normal eine gewisse Menge Feuchtigkeit die Lederhaut tränkt, die pathologisch in grösserer Menge sich ansammeln kann.

Die *Bursae mucosae subcutaneae* sind nichts als grössere, einfache oder theilweise gekammerte Maschenräume im Unterhautbindegewebe, die be-

sonders an der Streckseite der Gewerbgelenke sich finden. Die innen glatten, aber mit vielen Unebenheiten versehenen Wandungen derselben sind aus gewöhnlichem Bindegewebe mit elastischen Elementen gebildet, besitzen kein *Endothelium* und schliessen etwas klebrige helle Flüssigkeit ein.

Das elastische Gewebe findet sich in fast allen Theilen der Lederhaut in reichlichster Menge, doch meist spärlicher als das Bindegewebe. Seltener erscheint dasselbe in Form wirklicher elastischer Membranen, die selbst an die dichtesten elastischen Netze der Arterien erinnern, wie in der *Fascia superficialis* des Abdomens und Oberschenkels, gewöhnlich in Gestalt von lockeren oder dichteren Netzen stärkerer oder feinerer Fasern, wie in der eigentlichen Lederhaut, in welcher diese Elemente vorzugsweise als Scheiden der Bindegewebsbündel auftreten und dem Verlaufe derselben folgen, aber auch in deren Innern nicht fehlen. Ebenso sind auch die Gefässe von starken elastischen Zügen begleitet, die auch um die Drüsengänge, Haarbälge und glatten Muskeln reichlich vorkommen. Nur feine und feinste elastische Fäserchen, oft in ausserordentlicher Menge, besitzen die Papillen, namentlich der Fusssohle, Handfläche und der Kopfhaut, ferner der *Panniculus adiposus*, besonders in der Gegend der grösseren Gefässe, doch sind dieselben hier oft auch sehr spärlich und können selbst gänzlich mangeln.

Bindegewebskörperchen finden sich in allen Theilen der Haut selbst bis in die Papillen hinein in bald grösserer, bald geringerer Menge und zwar vor Allem als netzförmig verbundene spindel- und sternförmige Zellen zwischen, um und in den Bindegewebsbündeln oder in der Nähe der Gefässe, Nerven, Drüsen und Haarbälge. In gewissen Fällen wandeln sich diese Zellen in kernlose Fasernetze um, die die Bindegewebsbündel umspinnen, andere Male bilden dieselben endothelartige Scheiden um die Bündel, die durch Höllenstein leicht nachzuweisen sind.

Pigmentirte Bindegewebskörperchen, die bei vielen Wirbelthieren in der Lederhaut oft in Menge vorkommen, sind beim Menschen sehr selten. Bei Weissen, wo *Waldeyer* dieselben zuerst sah (*Virch.* Arch. 1870), was später *Ehrmann* bestätigte (Viert. f. Dermat. 1885, S. 526), habe ich solche bis jetzt nur an Einer Stelle beständig gefunden und zwar an der Anusöffnung, wo sie diesseits des *Sphincter externus* in einer Gegend vorkommen, in der auch die *Epidermis* schwach gefärbt ist. Dieselben liegen hier in den oberflächlichsten Schichten der Lederhaut und in den Papillen in Gestalt runder, spindelförmiger oder leicht ästiger gelbbraun gefärbter Elemente von verschiedener Grösse. Ausserdem sind noch als Stellen, wo beim Menschen solche Pigmentzellen sich finden, zu nennen die Haut der Genitalien, die Haarpapillen und Haarbälge. — In der Negerhaut hat vor Kurzem *Karg* bei seinen bemerkenswerthen Transplantationsversuchen schwärzliche Pigmentzellen in der Lederhaut gesehen, deren Vorkommen ich bestätigen kann. Dieselben finden sich besonders in den oberflächlichsten Schichten der Lederhaut, oft in grosser Menge, von derselben Gestalt wie die vorhin erwähnten Elemente.

Lymphoide Zellen sind bei Erkrankungen der Haut in allen Lagen der Lederhaut zu finden, können aber auch in Fällen vorkommen, in denen nichts Pathologisches nachzuweisen ist. So sah ich dieselben in reichlicher Menge in der Haut der Augenbrauen und um die Schweissdrüsen der Achsel-

höhle; und zwischen den Windungen der Gänge dieser Drüsen fand ich in Einem Falle follikelähnliche Ansammlungen derselben.

Von einer ferneren Zellenart der Haut, den Plasmazellen, wird bei den Fettzellen gehandelt werden.

Glatte Muskeln kommen meinen alten Untersuchungen zufolge in der Haut weit verbreitet vor und zwar:

1. im Unterhautbindegewebe des Hodensackes, das denselben den Namen Fleischhaut, *Tunica dartos*, verdankt, ferner des Penis, die Vorhaut inbegriffen und des vorderen Theiles des Mittelfleisches, wo sie mit ihren 0,75—1,12 mm messenden, gelblichen Bündeln theils in der Nähe der Gefässe und Nerven, theils mehr vereinzelt im Bindegewebe verlaufen, netzförmig untereinander zusammenhängen und vorzüglich in der Richtung der *Raphe* des *Scrotum* und der Längsachse des Gliedes ziehen, jedoch namentlich an letzterem nicht selten mit starken Bündeln auch quer verlaufen. Nach *Treitz* finden sich an vielen dieser Bündel elastische Sehnen, durch welche sie an die Vorderfläche der Schambeine, das *Lig. suspensorium penis*, die *Fascia superficialis* und *lata* sich anheften.

2. Im Warzenhofe sind die namentlich beim weiblichen Geschlechte entwickelten glatten Muskeln in einer zarten, nach innen bis zur Warze stärker werdenden Schicht kreisförmig angeordnet und meist durch die Breite ihrer Bündel (bis zu 750 μ) und ihre gelbröthlich durchscheinende Färbung schon dem unbewaffneten Auge sichtbar; in der Warze selbst verlaufen dieselben theils kreisförmig, theils senkrecht und schief und vereinigen sich zu einem dichten Netzwerke, durch dessen Maschen die Ausführungsgänge der Milchdrüse ziehen.

3. Die von mir entdeckten Haarbalgmuskeln (*Arrectores pilorum, Eylandt*) sind walzenförmige oder platte 45—220 μ breite Bündel, die meist zu einem, seltener zu zweien neben den Haarbälgen und Talgdrüsen liegen (Fig. 118), einfach oder mit einigen Wurzeln mit bindegewebig elastischen Sehnen von den obersten Theilen der Lederhaut nahe an der Epidermis entspringen und indem sie schief von aussen nach innen nach den Haarbälgen zu verlaufen und sich verbreitend die Talgdrüsen umfassen, an die ersteren meist dicht hinter diesen Drüsen sich ansetzen, wobei nicht selten Theilungen der Muskelchen vorkommen (Fig. 119).

Fig. 118.

Fig. 118. Ein Haar mit seinem Haarbalge, geringe Vergr. *Hw* Haarwurzel. *b* Haarbalg, *t* Talgdrüse. *a Arrector pili, aW* Haarbalg-, *iW* Haarscheide.

Bei meinen früheren Untersuchungen hatte ich diese Muskelchen an so vielen Orten gefunden, dass ich berechtigt zu sein glaubte, dieselben bei allen Haaren anzunehmen. Nun finde ich aber mit *Unna*, dass sie an manchen Haaren fehlen und kann ich als solche bezeichnen die Augenwimpern, Augenbrauen, die Härchen der Augenlider, der Nase, die *Vibrissae*, die Lippenhaare, die der Achselhöhle. Am schönsten sind die *Arrectores* in der Kopfhaut, am *Mons veneris*, *Scrotum* und *Perineum*. Bei Säugern hat man solche Muskeln gefunden, beim Pferde, Hunde, Schafe, Schweine, lang und dünn an der Mähne des Pferdes, kurz und dick bei grossen Drüsen.

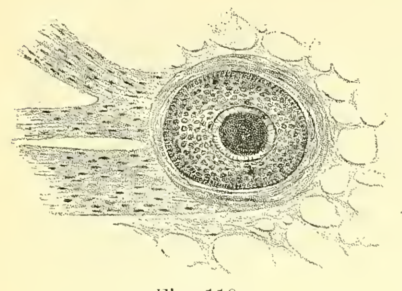


Fig. 119.

Glatte Muskeln, die nicht an Haarbälge gehen, die *Unna* reichlich in der Haut der Stirn, Wange und des Rückens beschreibt, habe ich noch nicht gesehen und hat *Unna* möglicherweise Muskeln, die an grosse Talgdrüsen gehen, die kleine Härchen enthalten, wie ich solche an den Wangen sah, für selbständige Muskelbündel genommen.

Quergestreifte Muskelfasern enthält die Haut des Gesichtes an gewissen Stellen, wie an den Lippen, den Nasenflügeln, der Augenbraue, dem Kinne, wo mimische Muskeln in der Haut enden. Hierbei dringen die Muskelfasern zwischen die Haarbälge und Talgdrüsen hinein und verlieren sich verfeinert (bis zu 4—5 μ) und manchmal gabelig getheilt allem Anscheine nach in Verbindung mit einzelnen Bindegewebsbündeln der oberflächlichen Schichten der Lederhaut. Bei Säugern besitzen die Sinushaare solche Muskeln.

Nach *Meissner* ist Behandlung der Papillen mit kaustischem Natron sehr geeignet, um die Fasern derselben vortreten zu lassen. An den zwei oberen Drittheilen solcher Papillen erkennt man auch, dass diese Fasern mit freien Enden auslaufen, welche Enden auch an frischen Papillen und, wie ich finde, nach Behandlung mit Essigsäure sich erkennen lassen und in der Seitenansicht eine feine Zähnelung der Ränder der Papillen und im Flächenbilde eine zarte regelmässige Querstreifung bedingen, welche auch *Unna* durch Maceration in Citronen- oder Ameisensäure und nachherige Gold- oder Osmiumbehandlung dargestellt hat. — Die Bindegewebsbündel der Lederhaut sind nach *Langer* so angeordnet, dass kleine, mit einem drehrunden Werkzeuge gemachte Einstiche in die Haut längliche Spalten erzeugen, deren Richtung in verschiedenen Gegenden verschieden und doch eine gesetzmässige ist.

§ 44.

Fettzellen. Der Sitz dieser Zellen ist vorzüglich die Fetthaut. In dieser liegen die Fettzellen nicht in grossen Ausbreitungen beisammen, sondern erfüllen in grösseren oder kleineren Klümpchen die verschiedenartig gestalteten Maschenräume des Bindegewebes (Fig. 115). Jedes der dem blossen Auge deutlich begrenzt erscheinenden gelben Klümpchen oder Fettläppchen (auch wohl Fetttraubchen genannt) hat eine besondere Hülle von Bindegewebe, in welcher die der Ernährung der Fettzellen bestimmten Gefässe verlaufen, und

Fig. 119. Ansatz dreier Arrectores an Einen Haarbalg, ger. Vergr.

besteht entweder aus einem einfachen Haufen von Zellen oder aus einer, je nach seiner Grösse wechselnden Zahl von kleineren und kleinsten Läppchen, von denen jedes wieder seine eigene zarte Bindehülle hat; ja in der Regel besitzt selbst jede einzelne Zelle ihre besondere Bekleidung und Gefässe. In der Lederhaut finden sich die Fettzellen mehr in den tieferen Theilen um die Haarbälge herum, bis in die Höhe der Schweissdrüsen und Talgdrüsen, von denen die ersteren oft in kleinen Fettzellennestern stecken, dann längs der grösseren Blutgefässe, fehlen dagegen in der *Pars papillaris* ganz und gar.

Die Fettzellen (Fig. 120) sind überall bei nur einigermassen wohlgenährten Individuen runde oder länglichrunde, 22—135 μ grosse, dunkelrandige, mit flüssigem, blassgelbem, einen einzigen Tropfen bildendem Fette erfüllte Zellen mit einem wandständigen, nicht leicht zur Anschauung kommenden Kerne

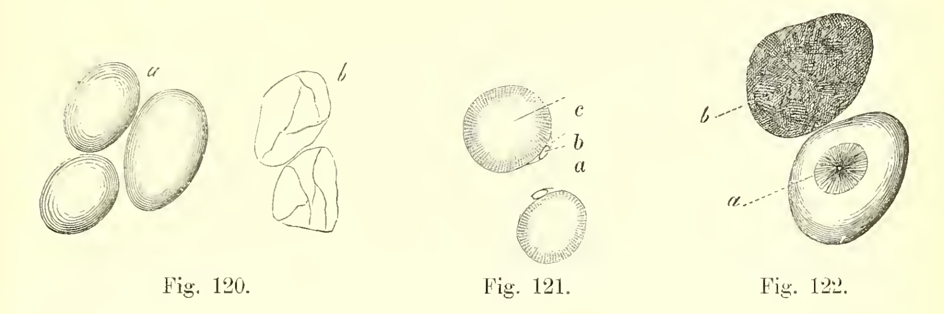


Fig. 120. Fig. 121. Fig. 122.

(Fig. 120), der meist noch von einer geringen Menge *Protoplasma* umgeben ist, und mit einer zarten Zellmembran, die durch Behandlung isolirter Fettzellen mit Aether leicht zur Anschauung zu bringen ist (Fig. 120 b), aber auch an unveränderten Zellen, die den Kern erkennen lassen (Fig. 121 b), neben demselben ganz deutlich sich zeigt.

Bei mageren Individuen finden sich fast gar keine Zellen der eben geschilderten Art, sondern mehr oder weniger abweichende Formen. Ich unterscheide hier:

1. Körnige Zellen mit vielen kleinen Fetttröpfchen in weissgelblichen Fetttträubchen.

2. Serumhaltige Fettzellen in gelb- und braunrothen Fettläppchen, die neben dem mehr oder weniger geschwundenen Fette, das meist in Gestalt einer einzigen, dunkler gefärbten Fettkugel erscheint, eine helle Flüssigkeit und einen deutlichen Kern zeigen und bedeutend kleiner sind (von 22—35 μ) als regelrechte Zellen (Taf. I. Fig. 1 m. Mikr. Anat.).

Fig. 120. Normale Fettzellen von der Brust, 350 Mal vergr. *a* Ohne Reagentien, *b* nach Behandlung mit Aether, wodurch das Fett ausgezogen wird und die faltige zarte Hülle bleibt.

Fig. 121. Zwei Fettzellen aus dem Marke des *Femur* des Menschen, *a* Kerne, *b* Zellmembran, *c* Fettropfen. 350 Mal vergr.

Fig. 122. Fettzellen mit Margarinkrystallen, 350 Mal vergr. *a* Zelle mit einem Stern von Krystallnadeln, wie sie nicht selten in normalem Fette sich finden. *b* Mit Krystallen ganz erfüllte Zelle aus weisslichen Fettklümpchen Abgemagerter.

3. Fettlose, nur Serumführende Zellen mit deutlichem Kern und zarter oder verdickter Hülle in mehr gallertartigem Fette oder mit den anderen untermischt.

4. Bei sozusagen ganz geschwundenem Fette und mit Serum infiltrirtem wassersüchtigem Unterhautbindegewebe finden sich neben den ungemein vorwiegenden Zellen der 3. Art auch noch a) spindel- und sternförmige mit 3—5 unregelmässigen, oft langen Fortsätzen versehenen Zellen mit meist nur spärlichen Fettkörnchen (Mikr. Anat. II. 1, Fig. 9, 2) und b) kleine rundliche, oft mit kleinen Fettkörnchen dicht erfüllte Zellen (Ibid Fig. 9, 1), welche beide Formen auch im hyperaemischen Knochenmark von Gelenkenden vorkommen.

Ausführlicheres über alle diese Formen in m. Mikr. Anat. II. S. 16 u. flgde., bei *Toldt* und *Flemming*.

Krystallführende Fettzellen, entweder solche, die neben einem Fetttropfen 1—4 Sterne nadelförmiger Fett- (Margarin-) Krystalle enthalten oder ganz mit Krystallnadeln gefüllt sind (Fig. 121), bilden sich in der Leiche beim Erkalten.

In der Haut des *Scrotums* zeigen sich, abgesehen von kleinen platten Ansammlungen wirklicher Fettzellen, die bei einzelnen Individuen vorkommen, und kleinen Fettzellenhäufchen um die Schweissdrüsen, besonders in den innersten Lagen der *Tunica dartos*, zellige Elemente eigener Art. Einige wenige derselben gleichen, obschon nicht grösser als 13—22 μ gewöhnlichen Fettzellen, die meisten jedoch sind mit kleinen dunklen Körnchen vollgepfropft und weiss, andere blass und mit einer hellen Flüssigkeit und einem Kern als Inhalt. Zwischen diesen beiden Formen finden sich auch Uebergänge und haben dieselben unzweifelhaft die Bedeutung von unentwickelten Fettzellen. Aehnliche Zellen finden sich hie und da auch noch an anderen Orten in der Haut und gehören hierher die Plasmazellen *Waldeyer's* und die Mastzellen von *Ehrlich*, deren *Granula* in *Dahlia* sich färben.

§ 45.

Gefässe der Haut. Die Arterien der Haut, die im Verhältnisse zu den Venen eng sind, treten in geradem oder schiefem Verlaufe gegen die Oberfläche der Lederhaut und enden hier, gewisse Stellen, wie die Endphalangen der Finger und Zehen abgerechnet, ohne Anastomosen zu bilden, in den Papillen, in der Art, dass bei grösseren Wärzchen oder Häufchen von solchen eine kleine Arterie eintritt und dann in Eine oder mehrere feinste Kapillaren übergeht, die an der Spitze der Papillen umbiegend in immer weitere venöse Kapillaren sich fortsetzen (Fig. 124). Gewisse Ausnahmen abgerechnet (S. § 50) besitzen nur die Gefässwärzchen solche Kapillarschlingen, welche mehr in der Mitte verlaufend mit ihren Schenkeln entweder leicht geschlängelt oder stark gekrümmt oder selbst spiralig um einander gedreht verlaufen.

Die von den Papillen kommenden Gefässchen vereinigen sich sofort zu engeren Venen, die an der Basis der Papillen ein oberflächliches Netz und tiefer ein zweites Netz weiterer Gefässe erzeugen, dessen Stämme, da wo die Haut Leisten besitzt meist zu zweien *longitudinal* unterhalb derselben verlaufen und mit ihren Maschen sehr regelmässig die Schweisskanäle umfassen. Aus diesem

Netze nehmen dann die ableitenden grösseren Venenstämme ihren Ursprung, die mit den Arterien verlaufen.

Wo die Haut keine oder nur spärliche und unentwickelte Papillen besitzt, wie z. B. am Kopfe, bilden die Endigungen der Hautarterien keine Schlingen, sondern ein ganz oberflächliches Kapillarnetz, dessen Abzugskanäle

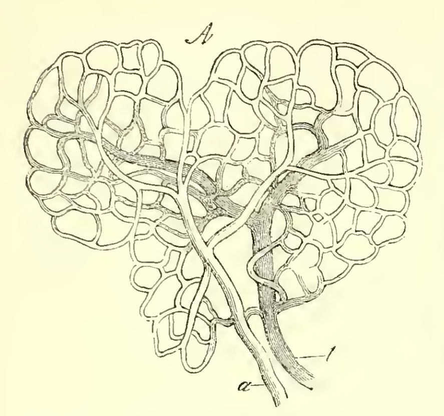


Fig. 123 A.

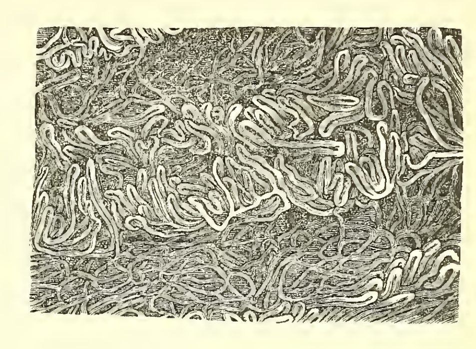


Fig. 124.

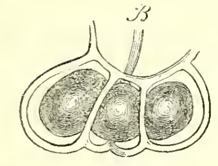


Fig. 123 B.

im Wesentlichen ebenso sich verhalten, wie an der Handfläche und Fusssohle, nur dass die Maschen der Venennetze an diesen Stellen die Haarbälge umfassen und sonst keinen regelmässigen Verlauf haben. An manchen Gegenden, wie z. B. an der Nase, sind Erweiterungen gewisser Theile dieser Venennetze sehr auffallend, die auch *Tomsa* gesehen zu haben scheint (l. c. S. 59).

Ausser den oberflächlichsten Theilen der Lederhaut finden sich nun nach den sorgfältigen Untersuchungen von *Tomsa*, die *W. Stirling* im Wesentlichsten für den Hund bestätigt hat, noch besondere Kapillarbezirke an den Fettläppchen, Haarbälgen und Talgdrüsen, den Schweissdrüsen, den Haarbalgmuskeln, den grösseren Gefässen und Nervenstämmchen der Haut, wogegen die Bindegewebsbündel ohne alle Gefässversorgung sind. Wo die Haare spärlicher stehen, die Fettläppchen gut begrenzt und die Schweissdrüsen nicht dicht gelagert sind, sind die entsprechenden Kapillargebiete ohne allen Zusammenhang, und entsenden die Hauptarterien zuerst Zweigelchen an die Fettläppchen, höher oben an die Schweissdrüsen und endlich in der Höhe der Talgdrüsen rücklaufende Aestchen an die Haarbälge. Alle diese Aestchen bilden Kapillarnetze, von denen die der Fettläppchen so reich sind, dass oft jede Fettzelle in Einer Kapillarmasche liegt (Fig. 122). Nächstdem sind die Haarbälge am reichlichsten versehen, an denen feinste longitudinale *Arteriolae* durch zahlreiche, vorwiegend

Fig. 123. Gefässe der Fettzellen. *A* Gefässe eines kleinen Fetträubchens. 100 Mal vergr. *a* Arterie. *b* Vene. *B* Drei Fettzellen mit ihren Kapillaren, mehr vergr.; nach *Todd* und *Bowman*.

Fig. 124. Gefässe der Papillen eines ganzen und zweier halben Cutisleistchen nach *Berres*.

quer verlaufende Kapillarnetze verbunden sind, deren tiefste Theile auch eine Schlinge in die Haarpapille entsenden. Von diesen Haarbalggefässen gehen spärlichere Ausläufer auch an die Talgdrüsen und die *Arrectores pilorum.* Die Schweissdrüsen bekommen mehr Blut als die Talgdrüsen, am wenigsten die Gefässe und Nerven.

Die Venen dieser Theile verlaufen im Allgemeinen mit den Arterien und sind im Ganzen relativ weniger weit als diejenigen, die von den Papillen kommen. Am bedeutendsten sind diejenigen der Haarbälge, die aufwärts steigend bei Wollhaaren in das tiefe oberflächliche Venennetz sich einsenken und in der Kopfhaut in ein flächenartig ausgebreitetes Netz münden, das in den tieferen Theilen *Pars reticularis Corii* seine Lage hat.

Wo die Haarbälge dicht stehen, oder deren untere Enden von Fettläppchen umgeben sind, wo ferner die Talg- und Schweissdrüsen eine ansehnliche Grösse besitzen oder gedrängt stehen, fehlt eine Trennung der tieferen Kapillargebiete der Haut und hängen dieselben mannigfach untereinander zusammen, wie z. B. in der behaarten Kopfhaut, an der Nase u. a. a. O.

Die grösseren Stämme der Lymphgefässe sind im Unterhautzellgewebe sehr leicht zu erkennen und sehr zahlreich. In der Lederhaut selbst bilden dieselben in den äussersten Theilen derselben ein dichteres Netz feinerer Gefässchen, nach *Krause* (l. i. c. p. 111) von 110—150 μ, nach *Teichmann* von 18 — 54 μ, das in der Tiefe in ein weitmaschiges Netz stärkerer Gefässe übergeht. *Teichmann* ist es gelungen, nachzuweisen, dass von dem feineren Netze an einzelnen Stellen, wie besonders an der Hand und am Fusse, auch in die Papillen Lymphgefässchen eindringen, die in der halben Höhe derselben oder etwas darüber blind enden. Das feine Netz und diese Ausläufer stellen nach *Teichmann* die wahren Anfänge dieser Gefässe dar. Das erstere liegt, obschon sehr oberflächlich, doch tiefer als die feinsten Blutkapillaren und so, dass, wo die *Cutis* Furchen besitzt, seine Hauptäste besonders in diesen verlaufen. Das tiefere Netz, dessen Gefässe 94—144 μ messen (*Teichmann*) liegt in der untersten (innersten) Schicht des *Corium* und steht meist durch schräge Aeste mit dem äusseren Netze in Verbindung. Klappen beginnen erst in den Stämmen, die vom tieferen Netze entspringen und bald ins Unterhautbindegewebe zu liegen kommen, in welchem letzteren, mag dasselbe Fettzellen enthalten oder nicht, nach *Teichmann* keine Lymphgefässursprünge sich finden. Ebenso besitzen nach diesem Schriftsteller auch die Schweiss- und Talgdrüsen und die Haarbälge keine Lymphgefässe, wogegen *Neumann* an der Oberfläche dieser Organe und der Fettläppchen, Lymphgefässe beschreibt.

Nachdem bereits *Sucquet* (D'une circulation dérivative dans les membres et dans la tête de l'homme Paris 1862, 6 pl.) in der Haut Anastomosen von Arterien und Venen, einen sogenannten derivatorischen Kreislauf beschrieben hatte, der jedoch von *Tomsa* geläugnet worden war, wurden vor Allem von *Hoyer* seit 1872 (Arch. f. Mikr. Anat. 1877) derartige Verbindungen in der Haut des Kaninchenohres, in der Schwanzspitze von Säugern, an den Endphalangen von Säugern und vom Menschen (in der Haut der Fingerspitze und im Nagelbette) mit einer solchen Genauigkeit beschrieben und bildlich dargestellt, dass an deren Vorkommen nicht zu zweifeln ist. Für genauere Angaben verweise ich auf die angeführte Abhandlung S. 625 und folgende.

§ 46.

Nerven. Die Haut ist einerseits in ihren an die Epidermis angrenzenden Theilen, an gewissen Orten namentlich, eines der nervenreichsten Gebilde des menschlichen Organismus, während auf der anderen Seite ihre tieferen Gegenden im Allgemeinen durch Armuth an Nerven sich bemerklich machen. Im *Panniculus adiposus* und der *Fascia superficialis* kennt man annoch keine Nerven als diejenigen, welche allmählich sich verästelnd durch diese Theile hindurch zur Lederhaut treten oder an den Haaren, Drüsen, glatten Muskeln und *Pacini*'schen Körperchen sich finden, von denen noch weiter die Rede sein soll. In der Lederhaut steigen die durch die Maschenräume der inneren Fläche eingetretenen Stämmchen unter fortgesetzter Verästelung, jedoch ohne wirkliche Endausbreitungen zu bilden, allmählich gegen die *Pars papillaris* herauf. Hier bilden sie unter den Papillen durch vielfache Verbindungen reichere oder ärmere Endnetze, an welchen man deutlich tiefere und oberflächlichere Theile, erstere aus feinen, noch mehrere Primitivfasern haltenden Zweigen mit weiteren Maschen, letztere aus einfachen oder zu zweien verlaufenden Fasern und engeren Zwischenräumen unterscheidet. In diesem letzten oder dem feinen Endnetze kommen dann auch (ob bei allen Fasern ist noch unentschieden) beim Menschen wie bei Thieren wirkliche Theilungen der Nervenprimitivfasern vor, so dass dieselben meist unter spitzen Winkeln in zwei sich spalten und aus dem Plexus selbst treten endlich die Nervenfasern einzeln oder in kleinen Bündeln vervor, um in ganz bestimmter Weise in den Papillen und in der Epidermis zu enden.

Die Elemente der Nerven der Haut zeigen keine besonderen Eigenthümlichkeiten. Ihr Durchmesser beträgt in den Stämmchen des Unterhautzellgewebes noch zum Theil bis 11—13 μ, ebenso in den untersten Theilen der Lederhaut, während sie nach oben zu alle nach und nach feiner werden. In den Endnetzen finde ich dieselben, je nach den verschiedenen Gegenden, von 2—6 μ schwankend, in den Papillen endlich von 1,8—4 μ. An Hand und Fuss schwanken die feinsten Fasern zwischen 2,5—4,4 μ, an der *Glans penis* dagegen, an den Lippen und der Nase nur zwischen 1,8—2,5 μ.

Das eigentliche Ende der Hautnerven ist durch die Untersuchungen der neueren Zeit in mehrfachen wichtigen Beziehungen aufgeklärt worden, immerhin fehlt noch viel an einer genauen Einsicht in alle Verhältnisse. Nach Allem, was wir wissen, finden sich mehrfache Endigungsweisen der Hautnerven und zwar erstens an den besonderen Organen der Haut, als da sind: die Drüsen, die glatten Muskeln, die Haare und die *Pacini*'schen Körperchen, und zweitens in den oberflächlichen Hautlagen selbst in den Tastkörperchen, den Endkolben von *Krause* und in den tiefen Epidermislagen. Von diesen Nervenenden haben alle mit Ausnahme der zwei ersten auf die Verrichtung der Haut als Gefühlsorgan Bezug und lassen sich diese wieder füglich in zwei Abtheilungen bringen und zwar erstens in solche, bei denen die Nervenfasern einfach frei enden und zweitens in andere, bei denen dieselben mit besonderen Nebenorganen verbunden sind, welche je nach ihrem Baue als Gefühlszellen und Gefühlskörperchen bezeichnet werden können.

§ 47.

Freie Nerven-Endigungen in der Epidermis. In der Oberhaut des Menschen kommen an der Handfläche und Fusssohle und wohl noch an anderen Orten, ja vielleicht allerwärts Nervenfasern vor, die von dem oberflächlichen Plexus dunkelrandiger Nervenfasern der *Cutis* abstammend in die Papillen eintreten und aus den Spitzen derselben als marklose Fäserchen in die Oberhaut sich einsenken, fast das ganze *Stratum Malpighii* durchziehen und in den distalen Theilen desselben frei enden. Im *Stratum Malpighii* theilen sich diese Fäserchen zwischen den Zellen desselben wiederholt, hängen vielleicht auch netzförmig zusammen und enden schliesslich in der Nähe des *Stratum granulosum* frei, oft mit kleinen, knopfförmigen Anschwellungen, die wahrscheinlich Kunsterzeugnisse



Fig. 125.



Fig. 126.

Fig. 125. Senkrechter Durchschnitt durch die Haut der *Planta pedis* des Menschen mit den Nervenverästelungen im *Stratum Malpighii*. Das *Stratum corneum* ist nur in seinen tiefsten Theilen dargestellt. Goldpräparat. Ger. Vergr.

Fig. 126. Eine Papille *p* von der *Planta pedis* des Menschen mit den angrenzenden Theilen der Schleimschicht. *a* Feine Nervenfasern im Innern der Papille, von denen die eine die ganze Papille durchläuft. *b* Uebertritt dieser Fasern in die Epidermis und Verästelungen in dieser. *c* Eine feine Faser neben der Papille, die nicht bis zu ihrem Anfange verfolgt werden konnte. Goldpräparat. St. Vergr.

sind. Die Zahl der so die Keimschicht durchziehenden marklosen Fäserchen ist wohl nicht überall dieselbe, doch ist es wegen der grossen Schwierigkeit, dieselben alle darzustellen, nicht möglich, in dieser Beziehung genauere Angaben zu machen und was ihren Verlauf anlangt, so ziehen dieselben wohl im Allgemeinen senkrecht durch die Oberhaut, biegen jedoch, besonders an ihren Enden, häufig um und verlaufen in der Richtung der Oberfläche der Haut, ja selbst bogenförmig eine Strecke weit wieder in die Tiefe.

Die Behauptung *Unna's*, dass die Enden dieser Nerven an sämmtliche Stachelzellen gehen und zu je zweien in das Innere einer jeden Zelle treten, wird durch die Beobachtung nicht bestätigt.

In der Haut kleiner Säugethiere (Maus, Ratte, Fledermaus, Spitzmaus) gehen, wie ich schon vor langer Zeit bei der Maus gefunden (Zeitschr. f. w. Zool. VIII. Tab. XIV. Fig. 10), die dunkelrandigen Nervenfasern in blasse, netzförmig verbundene, kernhaltige Nervenfäden von 1—2 μ über, ganz ähnlich den embryonalen Nervenfasern im Schwanze der Froschlarven. Aehnliche Netze blasser feiner Nervenfädchen finden sich in der Haut des Frosches (*Axmann, ich*), in der Schlundschleimhaut von Fröschen und Tritonen (*Billroth*) in der ganzen *Mucosa* des *Tractus intestinalis* von Fröschen (*ich*), in der Haut von *Stomias* (*ich*), in der *Conjunctiva* des Menschen, Rindes, Kalbes, Schweines und Hundes (*J. Arnold*) und wird es somit wahrscheinlich, dass solche blasse Endnetze in der Haut und den Schleimhäuten von Wirbelthieren ganz allgemein verbreitet sind, in welcher Beziehung ich jedoch zu bemerken habe, dass es mir noch nicht gelungen ist, dieselben beim Menschen anderswo als in der *Conjunctiva bulbi* zu sehen.

Ausser diesen sensiblen Nerven besitzt die Haut unzweifelhaft auch motorische an den glatten Muskeln der Haut, an denen ich dieselben in der Haut der Ratte gesehen habe, sowie in allen Drüsen, die eine Muskellage haben (siehe bei den Knäueldrüsen).

Nachdem *Hoyer* ein Eintreten von Nervenfasern in das Hornhautepithel und *Cohnheim* den Verlauf derselben zwischen den Epithelzellen entdeckt hatten (Fig. 126), liessen sich auch bei der gewöhnlichen Oberhaut ähnliche Verhältnisse vermuthen. Nachdem ich schon vor langer Zeit Nerven in Papillen, die keine Tastkörperchen enthalten, in der Handfläche (sehr selten), der Fussohle (häufiger), in den Lippen (sehr häufig) und in der Zunge gesehen, gelang es *Langerhans* zuerst, beim Menschen durch die Goldmethode ein Eindringen von Nerven in das *Stratum Malpighii* aufzufinden (Virch. Arch. 1868), woselbst dieselben nach ihm wahrscheinlich mit eigenthümlichen verästelten Zellen enden, die in Gold sich schwarz färben. Schon vor *Langerhans* hatte ich in der 5. Auflage dieses Werkes angegeben, dass in der Haut der Maus die dunkelrandigen Nervenfasern in blasse, netzförmig verbundene, kernhaltige Nervenfäden von 1—2 μ übergehen, ähnlich den embryonalen Nervenfasern im Schwanze der Froschlarven, von welchen Fasern abgingen, die an der äussersten Fläche der *Cutis* scheinbar frei endeten. Ein Eindringen in die Epidermis war ich nicht nachzuweisen im Stande, doch fand ich in dieser zwischen den tiefsten Zellen der *Malpighi*'schen Schicht in ziemlich regelmässigen Abständen besondere sternförmige Körper, ähnlich sternförmigen Zellen, doch ohne nachweisbaren Kern, Elemente, die nichts anderes waren als die später von *Langerhans* aufgefundenen Zellen, die vielleicht zu den Nervenenden gehören (l. c. S. 111).

Alle späteren Untersucher stimmen nun einerseits darin überein, dass die von *mir* und *Langerhans* entdeckten sternförmigen Körper mit den Nerven nichts zu thun haben, während sie anderseits in Betreff des Eindringens der Nervenfasern in die

Epidermis mit wenigen Ausnahmen *Langerhans* beistimmen. Die sternförmigen Körper hält *Arnstein* für Wanderzellen und *Merkel* nennt dieselben pigmentfreie Pigmentzellen. Meiner Meinung nach sind diese Elemente (Fig. 128) aus der unterliegenden *Cutis* in die Oberhaut eingewanderte, farblose Bindegewebskörperchen und stehen somit mit den unter Umständen einwandernden pigmentirten Bindegewebszellen auf einer Stufe, sind dagegen nicht unmittelbar auf lymphoide Zellen zu beziehen. Ein Eindringen von Nervenfasern in die Oberhaut des Menschen fand nach *Langerhans Eberth* (Arch. f. Mikr. Anatomie 1870), *Ranvier* (Traité technique, Fig. 303) und *Stöhr* (Histologie Fig. 60). Bei Säugern ist dasselbe von vielen Autoren gesehen worden in der Epidermis und im Gaumenepithel des Kaninchens, in der Schnauze oder dem Rüssel des Kaninchens, Igels, der Fledermaus, des Schweines, Maulwurfes, der Kuhzitze, der Lippe des Pferdes, dem Ohre der Raubthiere und Nager, der *Conjunctiva bulbi*, in der *Glans penis et clitoridis*, der *Papilla foliata* des Pferdes, der Schleimhaut des Mundes, des *Pharynx*, *Oesophagus*, der Vagina.

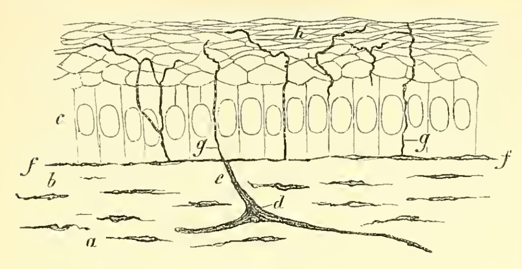


Fig. 127.



Fig. 128.

In der neueren Zeit haben *Krause* (Mikr. Arch. XIX. S. 127. Anm.), *Goldscheider* (Phys. Arch. 1886) und *Karg* (*His* und *Braune*'s Arch. 1888) ohne Grund das Vorkommen von Nervenfasern in den Oberhäuten bezweifelt. Ich habe diese Nerven nach der Methode von *Ranvier* mit Chlorgold und Ameisensäure beim Menschen in der *Planta pedis* und der *Vola manus* und im Schweinsrüssel dargestellt und wie die Fig. 125, 126 lehren, sehr schöne Präparate von denselben erhalten. In beiden Fällen treten die Oberhautnerven sowohl aus den Spitzen und Seiten der Papillen, als auch in den Thälern zwischen denselben in die Oberhaut über und sind ohne Ausnahme feine marklose Fäserchen, die grösstentheils schon,

Fig. 127. Senkrechter Durchschnitt der vordersten Theile der Hornhaut des Kaninchens nach Behandlung mit Chlorgold, 400 Mal vergr. *a* Hornhaut mit ihren Bindegewebskörperchen, *b* *Lam. elastica anterior*, *c* Epithel, *d* ein Theil des oberflächlichen Nervenplexus der *Cornea propria*, *e* ein die *Lamina anterior* durchbohrender Ast, der in den subepithelialen Plexus *f f* sich auflöst, welcher an senkrechten Schnitten nur undeutlich zur Anschauung kommt, *g* freie Achsencylinder, die von diesem Plexus aus in das Epithel sich erheben und mit mehr horizontalen Verästelungen *h* zwischen den oberflächlichen Epithelzellen enden.

Fig. 128. Senkrechter Schnitt der Haut der Fussohle, vergoldet, mit vielen *Langerhans*'schen Zellen. Von einem amputirten Fusse. Keine Nerven sichtbar. St. Vergr.

bevor sie aus der *Cutis* austreten, diese Natur annehmen. Diese in die Oberhaut einstrahlenden Nervenfasern lassen sich in vielen Fällen leicht bis zu einem Bäumchen in der *Cutis* verfolgen, so namentlich auch die stärkere Faser des Präparates (Fig. 126), das der Würzburger physikalisch-medizinischen Gesellschaft vorgezeigt wurde (Sitzungsbericht vom 19. Januar 1889), so dass nicht der geringste Zweifel möglich ist, dass die Epidermisausstrahlungen dieser Fasern nervös sind (S. auch *Mojsisovics* Fig. II). Die Nervenenden in der Epidermis selbst nun sind z. Th. noch etwas dicker und messbar, z. Th. werden dieselben durch allerfeinste Fäserchen dargestellt, die durch das häufige Vorkommen von zarten Varicositäten sich auszeichnen. Ist die Vergoldung gut gelungen, so erstaunt man über die grosse Zahl dieser feinen Bäumchen, die oft wie ein Mantel die Papillen umgeben und aufs reichste sich verästeln. Ihre letzten Enden habe ich wie Andere vor mir bis an das *Stratum granulosum* heran verfolgt und wo eine einigermassen sichere Beobachtung möglich war, als freie gesehen, so jedoch, dass wie im Texte angegeben ist, solche Enden in verschiedenen Höhen sich fanden. Meist waren die Enden kleine Knöpfchen, doch fanden sich auch Ausläufer ohne solche Verbreiterungen. In manchen Fällen lief auch eine feinste Faser wie in Reihen dunkler Körperchen, ähnlich den Varicositäten tieferer Fasern aus, zwischen denen manchmal noch feinste Verbindungsfäden sichtbar waren, die in anderen Fällen fehlten. Im *Stratum corneum* sah ich keine Spur von solchen Fäserchen.

Allem zufolge und da auch *Goldscheider* an seinem eigenen Vorderarme die Nerven in der Epidermis gesehen hat (Fig. 22), nehme ich an, dass beim Menschen alle Hautgegenden über und zwischen den Papillen Nerven in der Oberhaut enthalten. Bei weiteren Untersuchungen wird es sich vor Allem empfehlen, die Druck- und Temperaturpunkte (*Blix*, *Goldscheider*) auch an Flächenschnitten zu studiren und hierbei sowohl die Verbreitung der Epidermisnerven als der Tastzellen (s. § 48) zu prüfen. Hätte *Goldscheider* dies gethan, so hätten seine verdienstvollen Versuche noch mehr ergeben, als der Fall war.

Ranvier nimmt an, dass die Enden der Epidermisnerven mit der Oberhaut fortwachsen, und in die Hornschicht eingetreten, vergehen. Meines Erachtens steht der Annahme nichts im Wege, dass in regelrecht sich abschuppenden Oberhäuten, auch die Nerven derselben mit fortwachsen. Hat man doch auch in sich regenerirendem Hornhautepithel ein Einwachsen der marklosen benachbarten Nerven wahrgenommen.

§ 48.

Merkel'sche oder Tastzellen. In der Oberhaut von Säugern und vom Menschen entdeckte *Merkel* (Arch. f. Mikr. Anat. 1875) besondere Zellen, die mit Nervenenden in Verbindung stehen und von ihm für terminale Ganglienzellen erklärt, und den schon früher bekannt gewordenen *Grandry*'schen Körperchen der Vögel (S. unten) an die Seite gestellt wurden.

Am leichtesten sind diese *Merkel*'schen Zellen im Rüssel des Schweines nachzuweisen (*Merkel* l. c. Taf. 43, Fig. 12; *Ranvier Traité techn.* Fig. 301) und ergeben sich hier an Osmiumpräparaten als ovale 10 bis 15 μ grosse, mit ihrer Längsachse meist quer gestellte, helle Zellen mit deutlicher Begrenzung und einem grossen runden oder länglich runden, gelblichen, gleichartig aussehenden Kerne. Die Verbindung mit Nerven erkennt man an solchen Präparaten nicht, dagegen leisten Goldpräparate in dieser Beziehung gute Dienste (Fig. 129), welche jedoch den Nachtheil haben, die Tastzellen undeutlich zu machen. In den günstigsten Fällen erscheinen dieselben als granulirte helle Körper mit nicht sichtbarem Kerne, andere Male als birnförmige, schwarzrandige Gebilde mit dunklem Innern (S. *Merkel*, Hauptwerk Taf. XII, Fig. 1, 2) oder endlich ganz dunkel. Sind die Zellen hell geblieben, so erkennt man die

Nerven als feine Fädchen, die an den Tastzellen angelangt von unten oder vom Rande her in eine dunkle Platte übergehen, die der tiefen Fläche der Tastzellen anliegt, so wie dies *Ranvier* zeichnet (l. c.), eine Platte, die ich wie dieser Forscher für das eigentliche Nervenende halte und mit ihm Tastscheibe oder Tastmeniscus nenne. Die schönsten Präparate der Nerven und Tastzellen erzielt man nach dem Vorgange von *Bonnet* mit der *Weigert'*schen Färbung, in welcher sowohl die Zellen mit ihren Kernen sehr schön sich erhalten, als auch die Nerven und Tastscheiben als dunkle Gebilde deutlich sind. Die Lage der Tastzellen ist beim Schweinsrüssel so, dass dieselben einzig und allein in den tiefsten Theilen der interpapillären Epithelzapfen sitzen, wo sie in grösserer oder geringerer Zahl eine, zwei bis drei Schichten hoch und nahe beisammen gelegen eine Art Tastplatte bilden. Die Nerven derselben bilden in der *Cutis* dicht am Epithel stärkere oder schwächere Stämmchen mit noch dunkelrandigen Fasern, deren Ausläufer, mehrfach getheilt und horizontal unter den Tastplatten noch in der *Cutis* verlaufend, sofort marklos werden und endlich mit feinsten Aestchen von der Natur von hüllenlosen Achsencylindern in die Epidermis eintreten und immer noch sich verästelnd an die einzelnen Tastzellen treten.

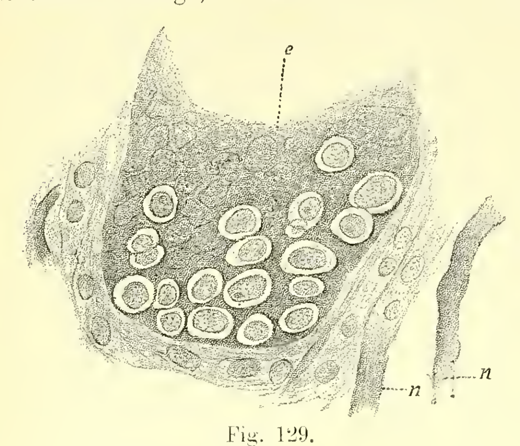


Fig. 129.



Fig. 130.

Ausser beim Schweine fand *Merkel* noch bei vielen anderen Säugern Tastzellen, vor allem an den unbehaarten Hautstellen, um Mund und Nasenöffnungen, an den Pfoten und am harten Gaumen. Auch am Rande der *Cornea* des Kaninchens glaubt *Merkel* solche Elemente gesehen zu haben. An behaarten Hautstellen sind dieselben noch nicht eingehender untersucht und bis jetzt nur spärlich gesehen beim Igel am Schwanze und der Handwurzel und an der *Vulva* vom Schweine (*Merkel*). Auch bei einer Reihe von Vögeln hat *Merkel* in der Haut des Schnabels und am Gaumen ähnliche kleine Tast-

Fig. 129. *Merkel'*sche Tastzellen aus der Epidermis des Schweinsrüssels mit *Osmium* behandelt. *e* Epidermiszapfen, der in seiner Tiefe einen Haufen Tastzellen enthält. *n* Nervenfasern in der *Cutis*. Starke Vergr.

Fig. 130. *Merkel'*sche Tastzellen von demselben Orte nach Behandlung mit Goldchlorid. *n* Nerven in der *Cutis*, von denen feine Ausläufer an die Tastzellen treten und an denselben Endplatten bilden. Starke Vergr.

zellen gefunden, wie bei Säugern (Arch. f. Mikr. Anat. Bd. XI, Taf. 42, Fig. 10, 11; Hauptwerk Taf. XI, Fig. 1—4 und 10).

Beim Menschen fand *Merkel* Tastzellen besonders da, wo wenig Tastkörperchen vorkommen, am reichlichsten am Bauche und Oberschenkel, ausserdem an der Brust, am Rücken, Unterschenkel, Arm und Hals. An der Volarfläche der Finger sind sie spärlich, an der Dorsalfläche reichlich. Auch am Gaumen kommen sie neben Tastkörperchen vor. Bemerkenswerth ist, dass nach *Merkel* die Tastzellen gar nicht selten in die *Cutis* hinabrücken, was sonst nur in der Hohlhand von *Talpa* und der Lippe des Pferdes gesehen wurde, und hier auch Zwillingstastzellen wie bei den Vögeln bilden (l. c. Taf. XII, Fig. 4, 5). *Ranvier* bestätigt für die Epidermis des Menschen das Vorkommen von Zellen an den Endigungen gewisser in die Epidermis eindringender Nerven, doch ist nach ihm in der Haut der Fingerbeere die Zahl der Nervenenden grösser als die der sogenannten Tastzellen. Hier bilden in der Nähe der Eintrittsstellen der Schweissgänge in die Epidermis marklose Fasern eine sehr zierliche baumförmige Verästelung an der Oberfläche der *Cutis*, deren letzte Enden mit epheublattähnlichen Tastscheiben (*terminaisons hédériformes, R.*) ausgehen. Ich selbst habe die Tastzellen an der *Planta pedis*, von wo sie auch *Ph. Stöhr* abbildet (Fig. 65) und an den Fingerballen untersucht und dieselben an beiden Orten, vor allem aber an den Fingern sehr reichlich gefunden. Für den letzten Ort kann ich die Beschreibung von *Ranvier* im Wesentlichen bestätigen, nur sah ich dieselben nicht nur in der Nähe der Schweissgänge und könnte ich die Vergleichung mit Epheublättern nicht gerade wörtlich nehmen. Auch habe ich zu bemerken, dass Osmiumpräparate dieselben hier lange nicht so deutlich zeigen wie bei Thieren und wie mit Gold behandelte Theile.

Eine besondere Form von Tastzellen stellen die von *Grandry* bei Vögeln entdeckten und von *Merkel* zuerst genauer untersuchten, zusammengesetzten Tastzellen oder *Grandry*'schen oder *Merkel*'schen Körperchen dar. Dieselben kommen in der Schnabelhaut, der Zunge bis zum Eingange der Luftwege und dem Gaumen von Vögeln in der Lederhaut unweit der Oberhaut vor und bestehen meist aus zwei halbkugelförmigen grossen Tastzellen, die von einer bindegewebigen Hülle umschlossen kugelige Körper von 60 μ Länge und 49 μ Breite in der Seitenansicht bilden. An jedes Körperchen tritt eine markhaltige Nervenfaser heran, verliert ihr Mark und endet, indem ihre *Henle*'sche Scheide in die Hülle des Körperchens übergeht mit einer Endscheibe zwischen den beiden Zellen, welche von einer ringförmigen Ver-

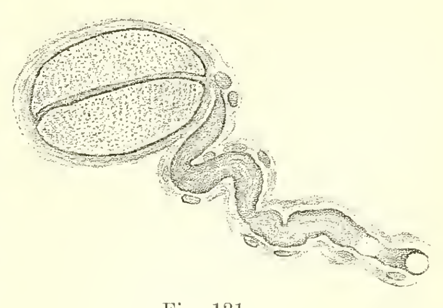


Fig. 131.

Fig. 131. *Merkel*'sches oder *Grandry*'sches Körperchen aus dem Schnabel der Ente. *n* Zutretende Nervenfaser mit Neurilem. Zwei Deckzellen, deren Kerne nicht sichtbar sind. *e* Terminale Endplatte der Nervenfaser.

dickung der Hülle des Körperchens, die nach *Ranvier* von einer endothelialen Auskleidung derselben abstammt, umfasst wird. Nach *Ranvier* besitzen die Tastzellen dieser Körperchen, die auch zu 3 und 4 vorkommen, in welchem Falle zwei oder drei Endscheiben da sind und die Nervenfaser sich in 2 oder 3 Aeste theilt, einen besonderen Bau und zeigen in der Richtung der Dicke verlaufende feine Faserzüge, ähnlich den Stäbchenzellen gewisser Drüsen. Diese sogenannten Tastzellen betrachtet *Merkel* als Nervenzellen und behauptet einen Zusammenhang der Endscheibe mit denselben, wogegen alle anderen Autoren einen solchen Zusammenhang läugnen, ohne in der Lage zu sein, über die Bedeutung dieser „Deckzellen" Aufschlüsse zu geben.

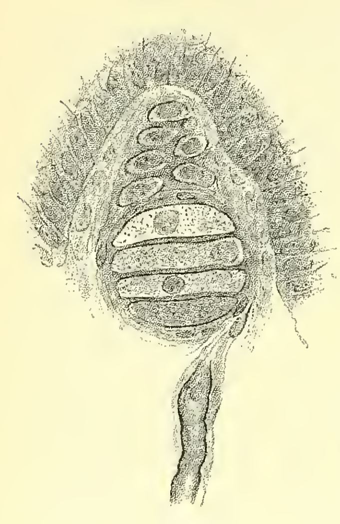


Fig. 132.

Unter Umständen kommen bei Vögeln auch Verbindungen einer grösseren Zahl von Zellen vor, die z. Th. denen der *Grandry-Merkel*'schen Körperchen gleichstehen, z. Th. nicht grösser sind als die einfachen Tastzellen der Säuger und Vögel (*Merkel*, Mikr. Arch. XI, Taf. 42, Fig. 7; *Krause*, ebenda, Bd. XIX, Figur 33). Solche Körperchen (Fig. 132) erinnern dann an die Tastkörperchen der Säuger und werden auch von *Merkel* einfach mit diesem Namen bezeichnet, während *Krause* dieselben Tastkolben nennt. Das Verhalten der Nerven in diesen Bildungen ist noch nicht mit Sicherheit bekannt und somit lassen sich dieselben auch noch nicht irgendwo mit Bestimmtheit einreihen, wenn es auch wahrscheinlich ist, dass sich dieselben an die *Grandry*'schen Körperchen anschliessen.

Auch über die in diesem Paragraphen abgehandelten Bildungen herrschen noch viele Kontroversen. Auf der einen Seite betrachtet *Merkel* die einfachen Tastzellen als Nervenzellen, in denen ein Theil der Hautnerven endet und auf der anderen läugnet *Krause* jegliche Beziehung derselben zum Nervensysteme und erklärt dieselben für in Mitose begriffene Epidermiszellen (Mikr. Arch. Bd. XIX, S. 120). Nach meinen Erfahrungen, die mit denen von *Ranvier* stimmen, halte ich es für unzweifelhaft, dass die Tastzellen zu Nervenenden in Beziehung stehen, doch möchte ich dieselben nicht als nervös auffassen, vielmehr bin ich der Ansicht, dass dieselben zum Zwecke einer mechanischen Leistung umgewandelte Zellen sind. In derselben Weise müssen auch die *Grandry*'schen Deckzellen aufgefasst werden.

Die Abstammung der Tastzellen betreffend, so sprechen sich *Izquierdo* und *Merkel* für eine Herkunft derselben von der Epidermis aus, während *Krause's* spätere Erfahrungen (l. s. c. pg. 122) zu einem entgegengesetzten Resultate führten. Eine einheitliche Entstehung aller und jeder Tastzellen ist jedoch wohl unzweifelhaft vorhanden und so hätte man bei mesodermalem Ursprunge derselben anzunehmen, dass die in der Epidermis befindlichen solchen Elemente in dieselbe eingewandert sind, für welche Auffassung auch die tiefe Lage derselben und die Beobachtung von *Merkel* über solche Zellen, die halb in der Cutis, halb in der Epidermis stecken (l. s. c. Taf. 21, Fig. 11) spricht.

Fig. 132. Zusammengesetztes *Merkel*'sches Körperchen aus einer weichen Zungenpapille der Ente. Nach einem Präparate von *Merkel*. Dasselbe besteht aus 4 grossen Deckzellen im unteren Theile und kleinen solchen Zellen an der Spitze. St. Vergr.

§ 49.

Gefühlskörperchen oder Terminalkörperchen. Die Haut und die sensiblen Schleimhäute zeigen an bestimmten Orten ganz besondere Nervenendigungen, welche, obschon in manchen Einzelnheiten verschieden, doch alle darin übereinzustimmen scheinen, dass die Nerven im Innern eigenthümlicher aus Bindegewebe gebildeter Körperchen, die als umgewandelte Theile der Nervenscheiden zu betrachten sind, frei enden. Von diesen Einrichtungen kamen gerade die zusammengesetztesten, nämlich die *Pacini*'schen Körperchen, am frühesten zur Kenntniss der Mikroskopiker, dann folgte die Entdeckung der sogenannten Tastkörperchen, durch *Meissner* und *Wagner*, endlich die der einfachsten Bildungen dieser Art, der Endkolben, durch *W. Krause*. Die wesentlichen Bestandtheile aller dieser Bildungen sind 1. die Nervenendfasern (Terminalfasern, *Krause*), bestehend aus einer oder mehreren blassen Nervenfasern, die immer frei enden und am Ende häufig verästelt und knopfförmig angeschwollen sind; 2. eine Hülle von Bindesubstanz oder Bindegewebe mit einer verschieden grossen Menge von Bindegewebszellen und 3. in gewissen Fällen ein centraler, die Nervenfaser einschliessender Strang von einfacher Bindesubstanz, der Innenkolben. Die Abweichungen der verschiedenen Arten der Gefühlskörperchen hängen namentlich von der mannigfachen Gestaltung der letztgenannten Schicht ab, doch zeigen auch die anderen Bestandtheile Verschiedenheiten, die in der folgenden genaueren Schilderung im Einzelnen werden dargestellt werden.

Nachdem schon von *R. Wagner* und *Leydig* auf die Aehnlichkeit der *Pacini*'schen Körperchen und der Tastkörperchen aufmerksam gemacht worden war, hat *W. Krause* nach Auffindung der Endkolben alle Gefühlskörperchen der Haut und der Schleimhäute als wesentlich übereinstimmende Gebilde bezeichnet und die einzelnen Theile derselben in einer, wie auch ich glaube, treffenden Weise aufeinander zurückgeführt.

§ 50.

Endkolben oder *Krause*'sche Körperchen. Obschon die Endkolben bei den höheren Säugethieren und beim Menschen vor Allem in den sensiblen Schleimhäuten sich finden, so ist es doch ihrer Verwandtschaft mit den anderen Gefühlskörperchen wegen das Zweckmässigste, sie gleich hier mit abzuhandeln.

In ihrer einfachsten und zugleich bezeichnenden Gestalt sind die Endkolben rundliche oder längliche Körperchen, an denen eine zarte Bindesubstanzhülle mit platten Zellen, ein heller, kernloser Innenkolben und eine in der Mitte desselben verlaufende blasse Nervenendfaser zu unterscheiden sind (Fig. 133), und gleichen solche Endkolben fast ganz und gar den innersten Theilen der *Pacini*'schen Körperchen. Es ist jedoch zu bemerken, dass ausser dieser Form noch mannigfache andere vorkommen, von denen die meisten Zwischenstufen zwischen denselben und den Tastkörperchen darstellen, so dass es im einzelnen Falle oft schwer ist, zu sagen, zu welcher Unterart von Gefühlskörperchen ein beobachtetes Gebilde gehört. Wenn nämlich für die Tastkörperchen bei einer Zusammensetzung aus denselben drei Theilen der mehr quere Verlauf der Nerven, sowie die zahlreichen Windungen derselben und die bedeutendere Grösse be-

zeichnend sind, so kommen Anklänge an alle diese Verhältnisse auch bei den *Krause*'schen Körperchen vor und ergiebt sich so die Unmöglichkeit, die beiderlei Bildungen scharf zu trennen, um so mehr als auch bei den Tastkörperchen einfachere Formen sich finden. Nichtsdestoweniger erscheint es nach dem Vorgange von *W. Krause* zweckmässig, Endkolben und Tastkörperchen auseinander zu halten, da die scharf ausgeprägten Formen beider so zu sagen nie in einem und demselben Organe mit einander vorkommen.

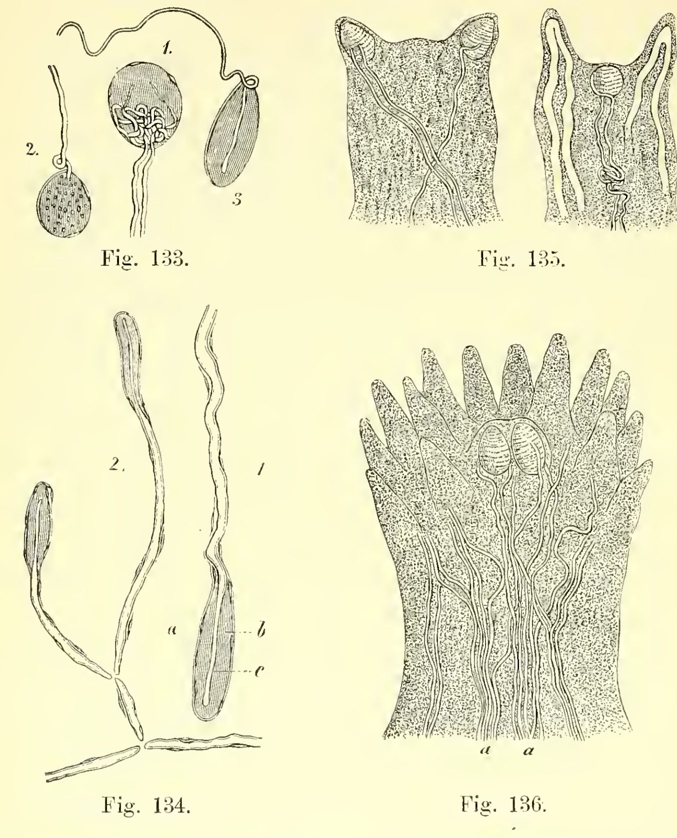


Fig. 133. Fig. 135. Fig. 134. Fig. 136.

Die genaueren Verhältnisse nun der *Krause*'schen Körperchen sind folgende. Beim Menschen wurden dieselben zuerst von *mir* und zwar in den Papillen des rothen Lippenrandes, den *Papillae fungiformes* der Zunge und in der Haut der *Glans penis et clitoridis* aufgefunden, jedoch, da die echten Endkolben damals noch unbekannt waren,

Fig. 133. Drei *Krause*'sche Körperchen aus der *Conjunctiva* des Menschen, mit Essigsäure. Vergr. 300; nach einer Zeichnung von *Lüdden*. 1. Rundes Körperchen mit zwei Nervenfasern, die im Innern einen Knäuel bilden. Ausserdem sind Theile von zwei blassen Nervenfasern im Innern sichtbar. 2. Rundliches Körperchen mit einer Nervenfaser und Fettkörnchen im Innenkolben. 3. Längliches Körperchen mit deutlicher Endfaser. An allen drei Körperchen ist die Hülle sichtbar, die bei 1 und 2 auch Kerne zeigt.

Fig. 134. Endkolben aus der *Conjunctiva* des Kalbes, mit Essigsäure. Vergr. 300. Nach einer Zeichnung von *Lüdden*. 1. Ende einer Nervenfaser mit ihrem Kolben. 2. Doppelte Theilung einer Nervenfaser mit zwei Endkolben. *a* Hülle der Endkolben. *b* Innenkolben. *c* Blasse Nervenfaser.

Fig. 135. Zwei Lippenpapillen des Menschen mit Essigsäure behandelt, die eine mit 1, die andere mit 2 *Krause*'schen Körperchen. In einer Papille zwei Kapillarschlingen, in der anderen die Gefässe nicht sichtbar. Vergr. 350.

Fig. 136. Eine *Papilla fungiformis* des Menschen mit Essigsäure behandelt, 350 Mal vergr. In der Mitte der Spitze zwischen den einfachen Wärzchen zwei *Krause*'sche Körperchen. *aa* Nerven der Papille.

als unentwickelte Tastkörperchen gedeutet. Im Jahre 1858 entdeckte dann *W. Krause* die wahren einfachen Endkolben, stellte die Körperchen der genannten Orte zu denselben und wies ausserdem solche noch nach in der *Conjunctiva*, in den Schleimhautfalten unter der Zunge, unter den *Papillae filiformes* und im weichen Gaumen. Ausserdem wurden dieselben noch gefunden in der *Regio respiratoria* der Nasenschleimhaut, in der Schleimhaut der *Epiglottis*, der *Pars analis recti*. Die Endkolben des Menschen und (Affen) sind in ihrer überwiegenden Mehrzahl annähernd kugelrund, doch haben *Krause* in zwei und *Lüdden* in einem Falle in der *Conjunctiva* auch längliche wie bei Thieren gefunden. Die Grösse schwankt zwischen 22 und 98 μ, und was den Bau anlangt, so ist besonders das Verhalten der Nerven bemerkenswerth, welche häufig zu zwei, ja selbst zu dreien in die Körperchen eintreten. Auch wenn nur Eine dunkelrandige Nervenfaser zu einem Endkolben geht, so theilt sich dieselbe häufig noch kurz nach dem Eintritte in zwei oder drei Endfasern. Erwähnenswerth sind ferner bald stärkere, bald schwächere Knäuelungen, welche die dunkelrandigen Fasern an der Eintrittsstelle zeigen, die in einzelnen Fällen so stark sind, dass sie an die von *Gerber* und *mir* beschriebenen Nervenknäuel der Lippen und die von mir aufgefundenen ähnlichen Bildungen der *Conjunctiva*, die auch *Krause* sah, erinnern. Die blassen Endfasern verlaufen meist auch etwas geschlängelt und zeigen in gewissen Fällen stärkere Biegungen, doch kommen dieselben beim Menschen, ausser in ganz frischen Theilen, im Ganzen nur selten zur Anschauung. — Von den übrigen Theilen ist vom Menschen nur das zu sagen, dass die Bindegewebshülle ziemlich zahlreiche länglich runde Kerne enthält, sowie dass der Innenkolben, der bei starken Windungen der Nervenfaser wie diese auch geschlängelt und gewunden ist (*Key* und *Retzius*), meist dunkle, durch Natron sichtbar zu machende, Fettkörnchen ähnliche Gebilde enthält.

Lage und Zahl betreffend, so finden sich die *Krause*'schen Körperchen in der ganzen *Conjunctiva scleroticae* bis zur Umschlagsstelle, sowie an der *Plica semilunaris* und zwar dicht unter der obersten Bindegewebslage unweit vom Epithel. Die Nerven, an denen die hier einfacheren Körperchen sitzen, bilden wie überall ein tieferes Geflecht und geben dann einzelne feine Stämmchen gegen die Oberfläche ab, die, immer noch sich verflechtend und zahlreiche Theilungen ihrer Nervenröhren darbietend, schliesslich an die Endkolben treten. So fand *Krause* beim Kalbe in einem Raume von etwa 3,3 mm Länge und 1,1 mm Breite Eine Primitivfaser, die durch wiederholte Theilungen 10 Endäste bildete und in ebenso vielen Körperchen endete. Beim Menschen berechnet *Krause* aus einem Falle, in dem 88 □ mm untersucht wurden, im Mittel 2 Endkolben auf 2,2 □ mm, doch ist die Menge dieser Organe in den einzelnen Theilen dieser Haut so wechselnd, dass diese Zahlenbestimmung vorläufig auf keine allgemeine Geltung Anspruch machen kann; dagegen verdient es alle Beachtung, wenn *Krause* annimmt, dass alle Nervenfasern der *Conjunctiva* in solchen Körperchen enden, indem man überall, wo es gelinge, eine Faser genau zu verfolgen, schliesslich auf einen Endkolben stosse. In den Lippen finden sich die *Krause*'schen Körperchen, die jedoch hier auch Uebergangsformen zu den Tastkörperchen zeigen, theils in den Spitzen, theils mehr in der Mitte und selbst an der Wurzel von Papillen, die, wie ich gezeigt habe,

alle auch Blutgefässe enthalten. Am Boden der Mundhöhle verhalten sie sich wie in der *Conjunctiva*, am weichen Gaumen sitzen die Körperchen unter den Papillen, selten in der Mitte der Papillen. An der Zunge finden sich die *Krause*'schen Körperchen zu einem oder zweien in den Spitzen der *Papillae fungiformes* unterhalb der einfachen Wärzchen (Figg. 134, 135) und unter den *Papillae filiformes*, ferner in den *Papillae vallatae* (*Krause*), an der *Glans penis* und *clitoridis* endlich liegen sie tief unter den Papillen und haben eine festere Bindegewebshülle. Am letzteren Orte finden sich auch grössere Körperchen von Maulbeerform und 200 μ Grösse (Genitalnervenkörperchen, *W Krause*).

Nachdem die *Krause*'schen Endkolben besonders durch einen meiner Schüler *Lüdden* bestätigt worden waren, wurden dieselben später ausser durch *Krause* selbst, vor Allem durch *Axel Key* und *Retzius* und *Merkel* weiter geprüft, wobei sich die nahe Verwandtschaft aller Formen derselben mit den Tastkörperchen einerseits und den *Pacini*'schen Körperchen anderseits herausstellte. *Merkel* hat jedoch die einheitliche Auffassung dieser Bildungen, die *Krause* von Anfang an vertrat, dadurch unmöglich gemacht, dass er zweierlei Arten derselben aufstellte, solche in denen die Nerven frei und andere, in denen sie mit terminalen Ganglienzellen,. den Tastzellen, enden. Wenn nun auch zugegeben werden kann, einmal dass wir die Nervenenden in einem Theile der zusammengesetzteren Endkolben vielleicht nicht mit der nöthigen Sicherheit kennen, und zweitens, dass *Merkel* bei seinen schönen Untersuchungen über die Tastzellen aller Art der Vögel Gebilde ans Tageslicht gezogen hat, die, obschon aus Haufen von Tastzellen bestehend, doch gewöhnlichen Tastkörperchen sehr ähnlich zu sein scheinen (Fig. 132), so ist doch so viel sicher, dass Tastzellen von den Charakteren derer der Vögel in den Terminalkörperchen der Säugethiere noch nirgends nachgewiesen wurden, sowie ferner, dass freie Endigungen der Nerven bei so vielen zusammengesetzten Endkolben und bei den Tastkörperchen selbst mit Bestimmtheit beobachtet sind, dass es wohl gerechtfertigt erscheint, der Auffassung von *Krause* zu folgen. Ich nehme somit in allen Terminalkörperchen freie Endigungen an und betrachte alle die Nervenfasern umgebenden Theile nur als Bindesubstanzhüllen, womit natürlich nicht gesagt sein soll, dass die mannigfachen Anordnungen derselben nicht auch ihre physiologische Bedeutung haben. Wir würden somit eine ganze Reihe einfacher und zusammengesetzter Bildungen erhalten von den einfachen Endkolben der *Conjunctiva* des Kalbes an durch die des Menschen, die sogenannten Genital- und Gelenknervenkörperchen von *Krause* einerseits zu den Tastkörperchen, anderseits durch die *Key-Retzius*'schen und *Herbst*'schen Körperchen der Vögel bis zu den *Pacini*'schen Körperchen des Menschen und der Katze.

In neuerer Zeit (1881) hat *Krause* am Innenkolben der terminalen Körperchen, den er früher als kern- und zellenfrei angesehen hatte. eine Zusammensetzung aus besonderen Zellen, den von ihm sogenannten Kolbenzellen beschrieben, zugleich aber auch zugegeben, dass ein solcher Bau nicht überall nachgewiesen sei. Da nun auch *Krause* diesen Kolbenzellen keine besondere physiologische Bedeutung zuweist, so wird es wohl gestattet sein, dieselben als von geringerer Bedeutung anzusehen, sei es, dass dieselben genetisch zur *Schwann*'schen Scheide gehören oder einfach als Theile des Neurilems aufzufassen sind.

Nach *W Krause's* ausführlichen Untersuchungen finden sich Endkolben bei vielen Säugethiergattungen aus den Abtheilungen der *Quadrumana, Carnivora, Glires, Multungula, Solidungula* und *Ruminantia* und zwar vor Allem in der *Conjunctiva*, den Lippen und der Mundschleimhaut. In der *Glans penis* sind sie gesehen beim Maulwurfe, Kaninchen, dem Igel und Stiere; in der *Glans clitoridis* bei der Kuh, dem Schafe, Kaninchen und beim Schweine; in der *Vagina* beim Kaninchen (*Polle*), an der Sohlenfläche der Zehen oder Füsse beim Maulwurfe, der Katze, Maus und Ratte, dem Meerschweinchen und Eichhörnchen; in der Haut am Ohre (Maus, Kaninchen), am Rumpfe (Maus, Ratte, Kaninchen, Wiesel), in der Zunge beim Rinde, der

Ratte und beim Schweine, hier in den langen Papillen hinter den *Circumvallatae* und nach *Corti* auch beim Elephanten.

Den Endkolben ähnliche Bildungen finden sich auch bei Reptilien (*Leydig, Merkel*) und zwar bei *Lacerta, Anguis, Tropidonotus* an den Lippen und in der Nähe der Zähne, ferner bei *Lacerta* auch in der ganzen Haut.

Die Endkolben lassen sich in einige Unter-Abtheilungen bringen, die jedoch mannigfache Uebergänge zeigen und unterscheide ich:

1. einfache Endkolben mit gerade verlaufender Nervenfaser und Innenkolben, die beide unter Umständen Theilungen zeigen können. Hierher viele Endkolben der Säuger (Fig. 134); einige des Menschen (Fig. 133,3), dann die der Reptilien (Kolbenkörperchen, *Merkel, Krause*);

2. mit geschlängelt oder gewunden verlaufenden Innenkolben und Nervenfaser (Fig. 133 1); (*Key* und *Retzius*, Taf. 34, Fig. 7, 9, 11, 12 u. a.), zusammengesetzte Endkolben.

Hierher besonders die Endkolben des Menschen, dann die sogenannten Genitalnervenkörperchen (Wollustkörperchen), die z. Th. wie beim Kaninchen (*Clitoris*) an einfache *Pacini*'sche Körperchen erinnern, z. Th. (*Glans penis* des Kaninchens, Mensch) mehr an die zusammengesetzten Endkolben, obschon der Bau dieser Gebilde noch nicht nach allen Seiten hineinreichend ermittelt ist. Auch die Gelenknervenkörperchen, die *Krause* (1881, Taf. IV, Fig. 22) beim Menschen und Säugern (Kaninchen, Ratte, Hund) fand, scheinen in dieselbe Kategorie zu gehören. Dieselben liegen in der Synovialhaut, messen 0,15—0,23 mm : 0,09—0,15 mm, enthalten 1—4 Nervenfasern, die begleitet von vielen Kernen im Innern als marklose Elemente sich verästeln.

§ 51.

Tastkörperchen. Nach einer im Jahre 1852 von *Meissner* und *Wagner* gemachten Entdeckung finden sich in den Papillen der Handfläche und Fussohle, zu denen später noch andere Gegenden dazu kamen, eigenthümliche Nervenendigungen in besonderen Körperchen, über deren Bau, trotz vielfacher Untersuchungen, die Ansichten der verschiedenen Beobachter immer noch nicht übereinstimmen.

Diese Körperchen oder die Tastkörperchen sind meist länglich runde oder längliche Gebilde von 66—110 μ mittlerer Länge (in der *Vola manus* beträgt ihre Länge 110—180 μ, die Breite 45—50 μ, an der Ferse sind sie 66—110 μ lang und breit und am Rücken der Finger 32—38 μ lang und breit). Der Bau dieser Gebilde unterscheidet sich vor Allem dadurch von demjenigen der zusammengesetzten Endkolben, dass dieselben viele querverlaufende Kerne besitzen und häufig den Eindruck eines dicken, spiralig aufgerollten, kernhaltigen Stranges machen. Genauer untersucht ergiebt sich, dass zu jedem Tastkörperchen am tiefen Ende oder an der Seite 1—2, selten 3 und 4 dunkelrandige Nervenfasern mit ihrer *Henle*'schen und *Schwann*'schen Scheide herantreten, welche dann häufig noch auf eine grössere oder geringere Strecke an der Oberfläche des Körperchens weiter verlaufen und so selbst bis zur Spitze desselben gelangen können. Früher oder später treten dann diese Fasern in das Innere des Körperchens ein, behalten noch eine Zeit lang ihr dunkelrandiges Aussehen und wandeln sich dann in blasse marklose Fasern um, welche reichlich verästelt in dichten Spiralwindungen das ganze Innere durchziehen und da und dort mit leichten knopfförmigen Anschwellungen enden. So glaube ich in Uebereinstimmung mit den genauesten der bisherigen Beobachter *Langerhans, Fischer, Flemming, W. Krause, Ranvier* meine an Goldpräparaten

gemachten Wahrnehmungen (Fig. 138) deuten zu müssen, obschon ich gern zugebe, dass es nie gelingt, alle oder auch nur die grössere Mehrzahl der Nervenenden an solchen Objekten zu sehen. Behandelt man die Körperchen mit Osmium,

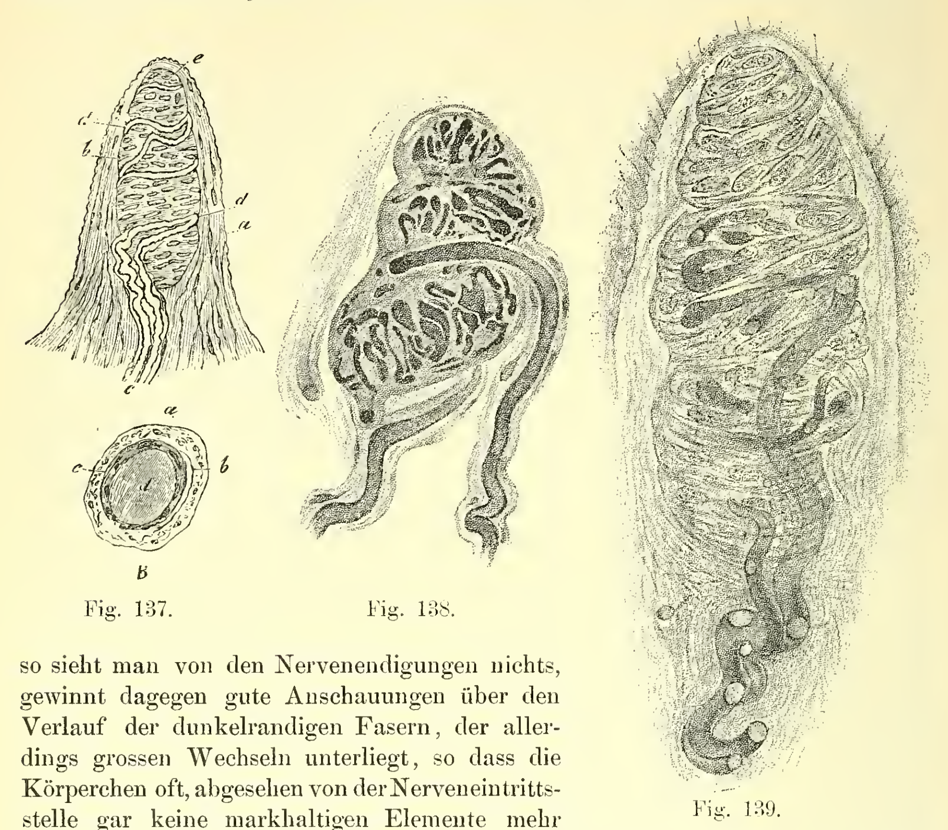


Fig. 137. Fig. 138. Fig. 139.

so sieht man von den Nervenendigungen nichts, gewinnt dagegen gute Anschauungen über den Verlauf der dunkelrandigen Fasern, der allerdings grossen Wechseln unterliegt, so dass die Körperchen oft, abgesehen von der Nerveneintrittsstelle gar keine markhaltigen Elemente mehr zeigen, andere Male, wie in der Fig. 139, dieselben bis in die Spitze oder nahe an dieselbe noch darbieten. Dieselben Ergebnisse liefern in Betreff der markhaltigen

Fig. 137. *A*. Längenansicht einer Papille der Haut. *a* Rindenschicht derselben mit Bindesubstanzzellen und elastischen Fasern, *b* Tastkörperchen mit seinen queren Kernen. *c* Zutretendes Nervenstämmchen mit kernhaltigem Neurilem; *d* Nervenfasern, die das Körperchen umspinnen. *e* Scheinbares Ende einer solchen. *B* Eine Papille von oben, so dass die Mitte im scheinbaren Querschnitte gesehen wird. *a* Rindenschicht der Papille mit Zellen. *b* Nervenfaser. *c* Kernhaltige Hülle. *d* Tastkörperchen. *e* Innere feingranulirte Substanz desselben. Vom Menschen, 350 Mal vergr. Mit Essigsäure.

Fig. 138. Tastkörperchen des Menschen von der *Planta pedis* mit Goldchlorid behandelt. Starke Vergr. Zwei dunkelrandige Nervenfasern gehen die eine in die untere, die andere in die obere Hälfte des Körperchens und geben im Innern vielen marklosen, geschlängelt und spiralig verlaufenden Fasern den Ursprung, an denen Theilungen und hie und da freie Enden sichtbar sind.

Fig. 139. Ein Tastkörperchen von einer Papille des Ballens des Nagelgliedes eines Zeigefingers mit Osmium behandelt. Wie vorhin zwei zutretende dunkelrandige Nervenfasern, die bis zum oberen Drittheile des Körperchens als solche zu verfolgen sind und dann verschwinden. Die vielen queren Kerne des Körperchens gehören wesentlich dem Neurilem der markhaltigen und marklosen Nervenfasern an. Starke Vergr.

Fasern Essigsäure und verdünnte kaustische Alkalien (Fig. 137), wogegen die Ergebnisse der Goldbehandlung durch kein anderes Mittel zu erzielen sind.

Was die sonstigen Bestandtheile der Tastkörperchen anlangt, so ist leicht zu sehen (Fig. 138), dass das Neurilem der zutretenden Nervenfasern in die Hülle der Körperchen übergeht und beziehe ich alle oberflächlichen queren Kerne der Körperchen auf diese Nervenscheide. So weit als die Nervenfaser noch dunkelrandig ist, hat dieselbe auch noch eine *Schwann*'sche Scheide und könnte es leicht sein, dass dieselbe auch auf die marklosen Nervenenden überginge und dass ein Theil der Kerne der Körperchen dieser Scheide angehörte, da ja in manchen Fällen Nervenenden, eine grössere Zahl von Kernen, d. h. Zellen, aufweisen als in ihrem Verlaufe. Von der Anwesenheit einer grösseren Zahl von Kernen oder Zellen im Innern der Körperchen (den Nervenendzellen von *Merkel*, den Kolbenzellen von *Krause*) konnte ich mich nicht überzeugen und liegen an Osmium und Essigsäurepräparaten, die in scheinbaren und wirklichen Querschnitten wahrnehmbaren Kerne wesentlich in den oberflächlichen Lagen der Körperchen. Die helle Begrenzungslinie, die an Goldpräparaten die marklosen Nervenfasern im Innern der Körperchen begleitet, deute ich übrigens, wie andere, als feinste Nervenscheide, dem Innenkolben anderer Terminalkörperchen vergleichbar, ohne darüber einen Ausspruch wagen zu wollen, ob dieselbe *Schwann*'sche Scheide allein oder Neurilem oder beides darstellt.

Das Verhalten der Tastkörperchen zu den Papillen anlangend, so finden sich dieselben meist in besonderen Wärzchen, die keine Gefässe enthalten, so dass man, wie schon angegeben, die Hervorragungen der *Cutis* in Gefäss- und Tastwärzchen eintheilen kann, doch giebt es auch seltene Fälle, in denen eine einfache Papille ein Tastkörperchen und eine Kapillarschlinge zusammen enthält. In der Hand sitzen die Tastkörperchen besonders in den zusammengesetzten Wärzchen zu einem oder zweien und zwar immer je ein Körperchen für sich in einer selbständigen, mehr oder weniger hervortretenden, meist kürzeren, manchmal längeren Spitze, seltener in einfachen Papillen, wie dies an den anderen Orten Regel ist. Die Lage in den Papillen selbst ist so, dass sie der Spitze derselben meist nahe, oft sehr nahe stehen und in der Breite die Hälfte oder drei Viertheile des Raumes der Papille einnehmen; ja dieselbe manchmal fast ganz erfüllen, doch kommen auch Fälle vor, in denen dieselben in der Basis der Papille liegen.

Papillen mit Tastkörperchen sind bis jetzt beim Menschen an der Handfläche, der Fussohle, dem Handrücken und Fussrücken (*Meissner*, *Wagner* und viele Andere), ferner an der Brustwarze (*ich*, *W. Krause*), der Volarfläche des Vorderarmes (*W. Krause*), dem Rande der Augenlider, im Nagelbette nach *Krause* auch an dem rothen Lippenrande (zugleich mit Endkolben) und an der *Clitoris* (mit einfachen Endkolben und Genitalnervenkörperchen), nach *Merkel* in der Haut des Unterschenkels (sind nach *Krause* Endkolben) gefunden. Bei Säugethieren fanden sie *Meissner* und *W. Krause* bei Affen in der *Vola manus* und *Planta pedis*, bei zwei Gattungen auch in den Lippen, dann am Schwanze von *Ateles*, vermissten dieselben dagegen bei zahlreichen Gattungen aus anderen Abtheilungen, bei denen sie, wenigstens z. Th., durch Endkolben ersetzt werden. — Die Zahl anlangend, so sind sie beim Menschen an der Handfläche am zahlreichsten, vor Allem an

den Fingern. *Meissner* fand an der Fingerbeere des Zeigefingers eines Mannes auf 2,2 □mm 400 Papillen und darunter 108 mit Tastkörperchen, so dass mithin auf 4 Wärzchen ein Nervenwärzchen kam; auf 2,2 □mm des zweiten Gliedes standen 40 Körperchen, am ersten Gliede 15, in der Haut des Kleinfingerballens 8. An der Plantarfläche des Nagelgliedes der grossen Zehe traf derselbe Untersucher 34 Körperchen auf 2,2 □mm, in der Mitte der Fusssohle nur 7—8. An der Volarfläche des Vorderarmes sind nach *W. Krause* die Tastkörperchen äusserst selten und berechnet derselbe nach einer sehr mühevollen und doch nicht ganz genügenden Untersuchung von im Ganzen 330 □mm Haut dieser Gegend bei 16 Individuen, dass im Mittel auf etwa 35 □mm Ein Tastkörperchen kommt. Auch an Hand- und Fussrücken und an der Brustwarze bei beiden Geschlechtern sind die Körperchen spärlich, doch besitzen wir über ihre Häufigkeit an diesen Theilen keine näheren Angaben. Bei allen den letztgenannten Theilen sind übrigens die Körperchen klein, wenig entwickelt und gewissen Formen der Endkolben ähnlich.

Trotz vielfacher Untersuchungen herrscht doch noch keine Uebereinstimmung mit Bezug auf den feineren Bau der Tastkörperchen. Während die meisten Beobachter freie Enden der marklosen Nervenfasern annehmen, wie in den Endkolben, behauptet *Merkel*, dass die Nerven alle mit Tastzellen sich verbinden, die er hier wie allerwärts als endständige Ganglienzellen ansieht und beruft sich namentlich auch auf die bei Vögeln vorkommenden Tastzellenhaufen, die eine nicht geringe äussere Aehnlichkeit mit Tastkörperchen besitzen. Auch ich habe schon oben im § 48 diese Aehnlichkeit betont, zugleich aber auch hervorgehoben, dass die charakteristischen Tastzellen anderer Gegenden in den Tastkörperchen nicht nachzuweisen sind, sowie dass in denselben unzweifelhaft freie Endknöpfchen der Nervenfasern sich finden.

Neben einfachen Tastkörperchen kommen auch grössere, stellenweise stark eingeschnürte, wie aus zwei oder drei Abtheilungen bestehende solche Gebilde mit besonderen Nerven für jeden Theil vor (Zwillings-Drillingstastkörperchen (*Thin*). Manchmal finden sich auch zwei ganz getrennte Körperchen in Einer Papille, *ich* sah drei und *Merkel* fand einmal sogar vier solche.

§ 52.

Pacini'sche oder *Vater*'sche Körperchen. Mit ersterem Namen bezeichneten *Henle* und *ich* von dem Florentiner *Pacini* zuerst genauer beschriebene kleine Organe namentlich an den Nerven der Handfläche und Fusssohle, die allerdings, wie *Langer* in Wien später nachwies, schon von dem Deutschen *A. Vater* gesehen (s. *J. G. Lehmann*, Diss. de consensu partium corp. hum., expos. simul nerv. brach. et crur. coalitu pecul. adq. papillarum nervearum in digitis dispositione. Vitembergae 1741) und als *Papillae nerveae* oder *cutaneae* beschrieben, jedoch in ihrem Baue nicht erkannt worden waren. Da jedoch auch *Pacini* gerade der wichtigste Theil der Körperchen, die Nervenfaser, ganz und gar unbekannt blieb, so wird man *Langer* nicht gerade Unrecht geben können, wenn er dieselben *Vater*'sche Körperchen nennt. Diese Organe nun, die ebenfalls in die Abtheilung der Gefühlskörperchen gehören, besitzen eine länglichrunde oder birnförmige Gestalt, eine weisslich durchscheinende Farbe mit einem weisseren Streifen im Innern und finden sich beim Menschen, wo sie 1,12—4,5 mm in der Länge messen, ganz beständig

1. an den Hautnerven der Handfläche und Fussohle in dem Unterhautbindegewebe. Am zahlreichsten sind sie an den Fingern und Zehen, namentlich am dritten Abschnitte derselben; an der ganzen Hand zählte *Herbst*

608 und am Fusse nahezu ebensoviel; an der Hand kamen 223 auf die Hohlhand, 65 den Daumen, je 95 auf den Zeigefinger und Mittelfinger, 80 den Ringfinger und 50 den kleinen Finger. Ausserdem finden sie sich meist spärlich und nicht beständig am Hand- und Fussrücken, den Hautnerven des Oberarmes, Vorderarmes und des Halses, an der Brustwarze, am *Nervus dorsalis penis,* den *Labia majora* und dem *Präputium.*

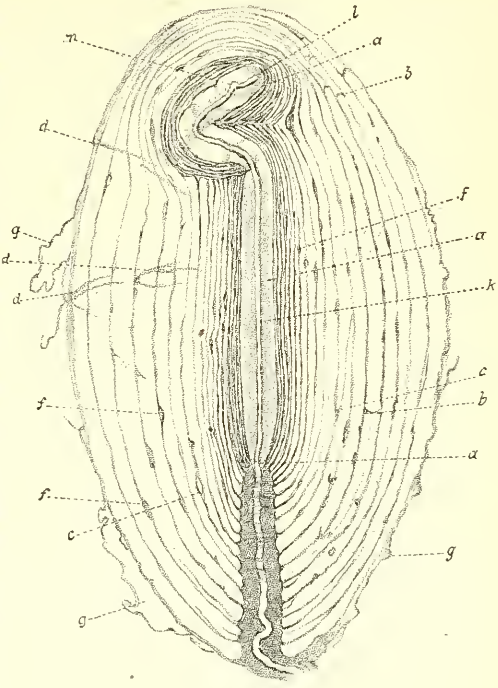


Fig. 140.

2. An den Nerven der Gelenke (*Cruveilhier, Henle* und *Kölliker, Rauber*). Hier sind dieselben sehr zahlreich und verdanken wir *Rauber* sehr genaue Untersuchungen über dieselben. Dieselben sind kleiner als andere Arten und besonders häufig an den Beugeseiten der Gelenke. Die meisten (96) hat die Ellenbogenbeuge, die Phalangengelenke der Finger je 15—22, die Metacarpalgelenke je 16—31, der Carpus 10, das Handgelenk 4, Schultergelenk 8, Phalangengelenke am Fusse je 6—17, Metatarsalgelenke je 5—18, Tarsus 9, Fussgelenk 11, Kniegelenk 19, Hüftgelenk 5.

3. An den *Periost-* und Knochennerven (*Kölliker, Rauber*), besonders an den Nerven der *Membranae interosseae antibrachii et cruris.*

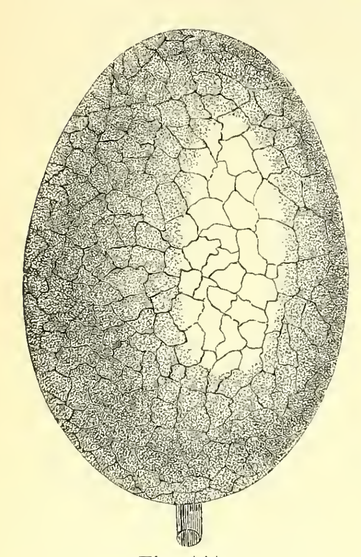
4. An den sympathischen Nerven der Unterleibshöhle vor und neben der *Aorta abdominalis* hinter dem *Peritonaeum,* besonders in der Nähe des *Pancreas,* manchmal auch im *Mesenterium* bis nahe an den Dünndarm (*Henle* und *Kölliker, Genersich*).

Ausserdem sind *Pacini*'sche Körperchen noch an manchen anderen Orten gesehen worden, wie an den *Nervi pudendus communis, Infraorbitalis, Intercostales,* an denen der Brustdrüse, von Muskeln, der *Gl. coccygea, Corpora cavernosa penis,* der *Prostata,* an der *Profunda femoris,* unter der *Dura mater* am *Hiatus Canatis facialis* (Siehe *Krause,* Mikr. Anat. S. 502).

Der Bau der *Vater*'schen oder *Pacini*'schen Körperchen ist im Ganzen einfach (Fig. 140). Ein jedes derselben besteht aus einer Nervenendfaser, einem Innenkolben, der dieselbe umgiebt, und einer Hülle von vielen ineinander geschachtelten Kapseln. Der letztern sind 20—60, von denen die äusseren durch grössere, die inneren durch kleinere Zwischenräume von einander

Fig. 140. Ein *Pacini*'sches Körperchen des Menschen aus *Henle* und *Kölliker,* verkleinert. *a* Innenkolben, *b* Querscheidewände, *c* longitudinale Verbindungen. *d* getheilte Fasern der Kapseln, *f* Kerne, *g* äusseres Bindegewebe, *h* Nervenfaser im Stiele. *k* im Innenkolben. *l* Ende derselben, *m* Seitenästchen.

getrennt sind, in denen eine helle, serumartige Flüssigkeit sich findet, die durch Anstechen der Körperchen leicht nachgewiesen werden kann. Die einzelnen Kapseln, die jedoch nicht immer rings herum gehen, sondern häufig mit einander zusammenhängen, bestehen aus gewöhnlichem Bindegewebe und Bindegewebskörperchen und lässt sich wenigstens an den äusseren Kapseln beim Menschen, wie schon *Henle* und *ich* zeigten, mit Leichtigkeit nachweisen, dass jede aus einer äusseren Lage mit querverlaufenden und einer inneren Schicht mit der Länge nach ziehenden Fibrillen besteht. An der Innenfläche der letzteren liegen die schon von mir gesehenen Bindegewebskörperchen (Handb. 3. Aufl.), welche nach *Hoyer's* neuen Untersuchungen eine epithelartige zusammenhängende Lage bilden, so jedoch, dass von einzelnen Zellen nicht selten fadenartige Fortsätze durch den freien Raum zwischen zwei Lamellen zur nächstfolgenden Lamelle ziehen, Angaben, die ich, wie *Eberth*, wenigstens für die *Pacini*'schen Körperchen der Katze (Fig. 141) vollkommen bestätigt finde.


Fig. 141.

Der Innenkolben der *Pacini*'schen Körperchen ist, wie ich gezeigt habe, ein heller feinkörniger und mit zarten Kernen (Zellen?) versehener weicher Strang, den ich als eine Art einfacher Bindesubstanz auffasse, um so mehr, da er in einzelnen Fällen ebenfalls, wenigstens in seinen äusseren Theilen, wie aus zarten, dicht beisammenliegenden Kapseln zu bestehen scheint, und im Innern desselben verläuft dann die Nervenfaser des Körperchens. Jedes Körperchen nämlich besitzt einen aus den Fortsetzungen seiner Schichten gebildeten, mit einem Nervenzweigchen verbundenen Stiel, in welchem eine einzige, von dem betreffenden Nerven abgehende, dunkle, 13—15 μ breite Nervenfaser zu dem Körperchen verläuft. Dieselbe tritt aus dem Stiele in den Innenkolben, wird hier platt (Breite 13 μ, Dicke 9 μ), blass, anscheinend marklos, fast wie ein Achsencylinder, und endet im oberen Theile des Innenkolbens häufig zwei- oder dreigespalten, an jedem Ausläufer mit einem freien, häufig leicht körnigen Knöpfchen. — Im Stiele und den benachbarten Theilen der Körperchen, seltener am anderen Ende derselben, wo die Lamellen nicht selten durch einen Längsstrang (*Lig. intercapsulare*) verbunden sind, finden sich auch meist einzelne feine Blutgefässverästelungen.

Die älteren Beobachtungen über die hier besprochenen Körperchen wurden erst von dem Augenblicke an fruchtbar, wo es *Henle* und *mir* gelang, die Nerven in denselben nachzuweisen. Seit dieser Zeit haben sich eine grosse Zahl Untersucher mit diesen merkwürdigen Gebilden beschäftigt und sowohl deren Bau, als ihre Verbreitung verfolgt.

In Betreff des Baues war die genauere Untersuchung der Gebilde, die *Henle* und

Fig. 141. Ein *Pacini*'sches Körperchen der Katze nach Behandlung mit Höllensteinlösung, um die epithelartige Zellenlage der Innenfläche der äussersten Lamelle zu zeigen. Geringe Vergrösserung.

ich für Kerne gehalten hatten, von Belang. Ich zeigte in der 3. Auflage dieses Werkes, dass dieselben Zellen sind und erklärte sie für Bindegewebskörperchen, bemerkte zugleich auch, dass die Zellen benachbarter Lamellen nicht selten durch Ausläufer untereinander verbunden sind. Hierauf fand *Hoyer* bei Versilberung der Körperchen, dass diese Zellen an der Innenseite der Lamellen eine epithelartige Lage bilden, eine Darstellung, die allgemein angenommen, jedoch von *Axel Key* und *Retzius* in Folge einer eingehenden Untersuchung des Baues der Lamellen dahin abgeändert wurde, dass jede derselbe zwei solche Zellenlagen darbiete, zwischen denen ein Spaltraum sich finde. Diesem zufolge fassen auch diese Forscher die Kapseln anders auf als *Henle* und *ich* und betrachten als solche 1. unseren Intercapsularraum, 2. die longitudinalen und tranversalen Bindegewebsfibrillen einer unserer Lamellen und 3. je zwei angrenzende Epithelhäutchen, ein äusseres und ein inneres. Für *Key* und *Retzius* sind daher, was wir Interlamellarräume nannten, von Epithel bekleidete Lamellen eines gallertigen, viel Flüssigkeit haltenden Bindegewebes und ihre Interlamellarräume liegen zwischen je zwei Epitheliallagen. Was mich betrifft, so konnte ich mich bisher, ebensowenig wie *Krause*, von der Anwesenheit zweier Epithellagen in der Gegend der kernhaltigen Stellen der Kapseln überzeugen und scheint mir auch die Zahl der Kerne zu spärlich, um eine solche Aufstellung zu stützen. Sollten aber auch wirklich überall je zwei solche aneinanderliegende Blätter vorkommen, so würde es mir doch richtiger erscheinen, das als Lamellen anzusehen, was bisher so hiess; denn es sind doch diese Theile der Körperchen unzweifelhaft die festeren. Eine Lamelle würde dann bestehen 1. aus einem oder (*Key* und *Retzius*) zwei aneinander liegenden epithelartigen, dünnen Häutchen von Bindesubstanzzellen und 2. einer Schicht von longitudinalen und transversalen, diesen von aussen aufgelagerten Bindegewebsfäserchen. Zwischen je zwei solchen Blättern befände sich ein eiweissreiche Flüssigkeit haltender Raum, der jedoch gegen die jeweilige innere Lamelle nicht scharf begrenzt wäre und z. Th. auch querverlaufende Bindegewebsfibrillen enthalten könnte.

Eine genauere Untersuchung ist auch dem centralen Theile der *Pacini*'schen Körperchen zu Theil geworden. *Henle* und *ich* hatten denselben Centralhöhle genannt und als einen mit Flüssigkeit erfüllten Hohlraum angesehen, aber schon im Jahre 1853 konnte ich melden (Zeitschrift f. wiss. Zool. V., S. 119), dass dieser Theil oder der Innenkolben der Neueren eine innere neurilemartige Hülle der centralen Nervenfaser darstelle und in seinen äusseren Lagen aus blassen und zarten, kernhaltigen, bindegewebigen Lagen bestehe, die an die innersten noch deutlich und scharf gezeichneten Kapseln sich anschliessen, und weiter nach innen bis an die blasse Nervenfaser heran aus einem fein granulirten mit zarten Kernen versehenen Gewebe. Erheblich weiter ist auch die Neuzeit nicht gekommen und ist das einzige, was noch hervorzuheben ist, dass die Lamellen des Innenkolbens nach der Entdeckung von *Merkel* (Hauptwerk S. 182, Taf. XV, Fig. 18) zu beiden Seiten eine Art Nahtstelle besitzen, welche den Gegenden entsprechen, an denen bei den Körperchen der Vögel die zwei Zellenreihen des Innenkolbens sitzen.



Fig. 142.

Die blasse Nervenfaser im Innenkolben der *Pacini*'schen Körperchen des Menschen und der Säuger, deren fibrillären Bau neuere Beobachter aufgedeckt haben, ist wesent-

Fig. 142. Mitte eines *Pacini*'schen Körperchens eines Kindes im Querschnitte. Im Centrum die Nervenfaser, um dasselbe eine Schichtung, die an die Nahtlinien *Merkel's* erinnert. Die Lamellen zeigen punktirte Stellen (Längsfibrillen) und transversale Fäserchen, die auch in den Interlamellarräumen sich finden.

lich Achsencylinder, scheint jedoch von einer ungemein zarten Fortsetzung der Markscheide oder *Schwann*'schen Scheide begleitet zu werden und habe ich eine solche Hülle nach Zusatz von Essigsäure und Natron in vielen Fällen von dem Innern sich abheben sehen (l. s. c. S. 119). Das letzte Ende dieser Nervenfaser zeigt granulirte Anschwellungen, die manchmal so aussehen, wie wenn jede Achsenfibrille in ein besonderes Knöpfchen ausginge.

In Betreff des Vorkommens der *Pacini*'schen Körperchen bei Thieren, so sind dieselben bei den Säugethieren schon bei 37 Arten aufgefunden und finden sich hier vor Allem an den Extremitäten (an den Zehen oder den Sohlenballen, an den Gegenden der *Membranae interosseae*, sehr häufig im *Mesenterium* und *Mesocolon*, am *Pancreas* bei der Katze, im Schwanze der Katze, der *Vagina* und dem *Mesocolon* des Kaninchens, der *Glans clitoridis* beim Schweine, in der Zunge des Elephanten. Bei der Katze vor Allem zeigen diese Körperchen viele Varietäten (*Henle* und *ich*, *Herbst*, *Krause* u. A.), ebenso beim Kaninchen (*Key* und *Retzius*), bei dem der Innenkolben an seiner Aussenfläche viele Kerne (Zellen?) zeigen kann.

Bei den Vögeln, bei denen *Will* und *Herbst* diese Körperchen aufgefunden haben, kennt man sie schon von 43 Arten und finden sie sich hier in der Haut des Rumpfes und der Extremitäten an den Federbälgen, an den Zwischenknochennerven des Unterschenkels, in der Zunge, dem Schnabel und der *Conjunctiva* (*Krause*). Dem Baue nach zerfallen dieselben nach *Krause* in zwei Varietäten: 1. in die *Key-Retzius*schen Körperchen im Schnabel der Gänse, Enten und Schwäne, die im Wesentlichen mit denen der Säugethiere stimmen, aber den Innenkolben von zwei Reihen Kernen besetzt zeigen und 2. die *Herbst*'schen Körperchen, bei denen zwischen einer dünnen oberflächlichen Lamellenlage und den inneren Lamellen eine dicke, verfilzte Lage von wesentlich quer verlaufenden Bindegewebsfibrillen eingeschoben ist.

Physiologische Bemerkungen. Am Schlusse der Betrachtung von den Endigungen der sensiblen Hautnerven angelangt, wendet sich der Blick von selbst zu der Frage, ob und in welcher Weise etwa ein Zusammenhang zwischen den anatomischen und physiologischen Thatsachen sich nachweisen lasse. Ebenso mannigfach oder noch mannigfacher, wie die durch die Haut vermittelten Sensationen (einfaches Gefühl, Druck, Wärme, Kälte, Schmerz, Kitzel) sind die sensiblen Endapparate (freie Nervenenden in der Epidermis, Endigungen an Tastzellen, Endkolben mannigfachster Art, Tastkörperchen, *Pacini*'sche Körperchen) und ist die erste Frage die, ob alle sensiblen Endorgane specifische Sensationen vermitteln oder nicht. Hierauf ist entschieden mit Nein zu antworten, denn wenn auch die Haut, wie die neuen Erfahrungen von *Magnus Blix* und *Goldscheider* ergeben, nicht überall für Wärme und Kälte und Druck empfindlich ist, sondern besondere sogenannte Empfindungspunkte für diese verschiedenen Sensationen hat, so sind doch diese Punkte über die gesammte Oberfläche der Haut verbreitet, während viele von den sensiblen Apparaten nur einen mehr weniger beschränkten Verbreitungsbezirk haben, wie die *Pacini*'schen Körperchen, die Tastkörperchen, die Endkolben. Allgemein verbreitet scheinen nur die Tastzellen und die freien Endigungen im Epithel zu sein und könnte somit vielleicht die Frage berechtigt sein, ob die einen derselben nur Wärme, die anderen nur Kälte oder die einen Temperaturen, die anderen Drucksensationen vermitteln. Es scheint jedoch die Frage noch einfacher sich zu gestalten, indem ein Theil des Körpers, der Druck, Wärme und Kälte, auch Schmerz wahrnimmt, nur einerlei Nervenenden hat, und das ist die Hornhaut. In der *Cornea* giebt es nur freie Nervenenden im Epithel und da, wie *Molter* (Die Sensibilitätsverhältnisse der menschlichen *Cornea* im klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde 1878) unter *Michel's* Leitung nachgewiesen hat, die *Cornea* Temperatur- und Drucksinn hat, was auch *E. Fuchs* bestätigte (Wiener med. Jahrbücher 1878 S. 577), so ist klar, dass einerlei Nervenendigung für diese Leistungen genügt. Die Erfahrungen an der übrigen Haut machen es wahrscheinlich, dass auch hier Kälte- und Wärmepunkte vorkommen und hätte man hier wie dort die specifischen Energien der Nerven nicht vom peripherischen, sondern von Verschiedenheiten des centralen Endapparates abzuleiten.

Innerhalb dieser specifischen Energien wären nun aber quantitative Abstufungen denkbar und diese könnten durch die verschiedenen Endapparate vermittelt werden, wo dieselben vorkommen, in welcher Beziehung ein weiteres Eingehen an diesem Orte nicht am Platze ist.

B. Oberhaut.

§ 53.

Die Lederhaut ist an allen Stellen von einer gefässlosen, aus Zellen gebildeten, halbdurchsichtigen Haut, der Oberhaut, *Epidermis*, überzogen, die sich allen Vertiefungen und Erhabenheiten derselben genau anschmiegt und an ihrer inneren Fläche (Fig. 143) das genaue Abbild der äusseren Fläche der Lederhaut darbietet, in der Weiss, dass, wo letztere eine Erhabenheit zeigt, in ersterer eine gleichgeformte Vertiefung sich findet und umgekehrt. Auch an ihrer äusseren Fläche wiederholt die Oberhaut in etwas die

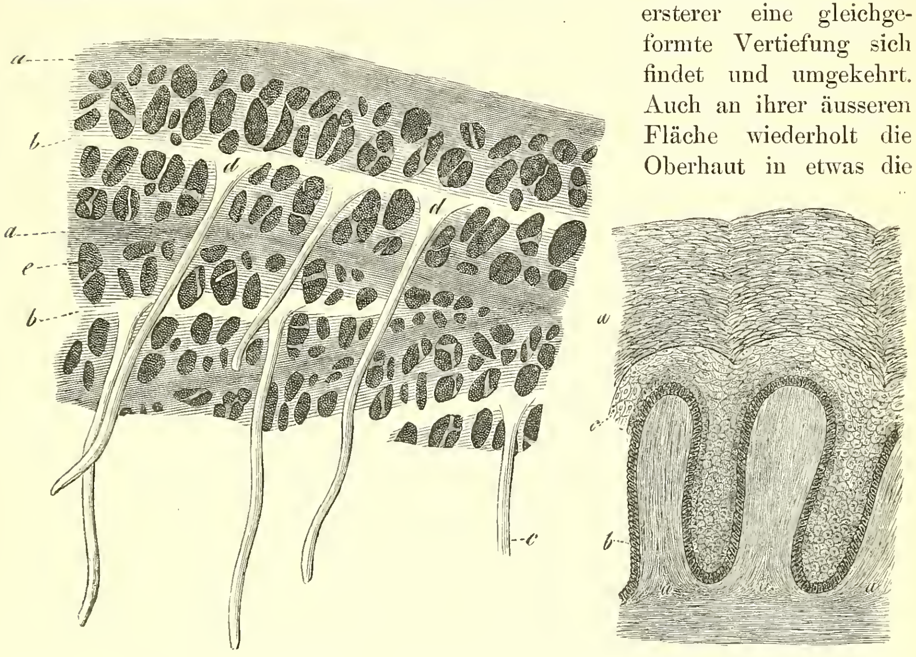


Fig. 143. Fig. 144.

Gestalt der Lederhaut, indem wenigstens die bedeutenderen Hebungen und Senkungen derselben, wie die Leisten der Handfläche und Sohle, die Furchen an den Gelenken, Muskelansätzen u. s. w. auch in ihr, die letzteren selbst stärker sich ausprägen, während allerdings die Papillen gar kein oder ein kaum erkennbares Vortreten derselben bewirken, mit einziger Ausnahme der Endfläche der Brustwarze, an der die vom Auge wahrnehmbaren Höcker aus einfachen Papillen oder kleinen Gruppen solcher sammt ihrem *Epidermis*-Ueberzuge bestehen.

Fig. 143. Oberhaut der Handfläche von innen. *a* Riffe entsprechend den Furchen zwischen den Cutisleistchen, *b* solche entsprechend den Furchen zwischen den Papillenreihen, *c* Schweisskanäle, *d* breitere Ansatzstellen derselben an der Oberhaut, *e* Vertiefungen für die einfachen und zusammengesetzten Papillen.

Fig. 144. Haut des Negers (vom Schenkel) im senkrechten Durchschnitte, 250 Mal vergr. *aa* Cutispapillen, *b* tiefste, stark gefärbte Lage senkrecht stehender, länglicher Zellen der Keimschicht, *c* obere Keimschichtlage, *d* Hornschicht.

Die Oberhaut besteht aus zwei Lagen, die in chemischer und morphologischer Beziehung von einander abweichen und durch eine ziemlich scharfe Grenze von einander geschieden sind, nämlich aus der *Malpighi*'schen oder Keimschicht und der Hornschicht.

§ 54.

Die *Malpighi*'sche Schicht oder die Keimschicht (*Flemming*), *Stratum germinativum* (Schleimschicht, *Stratum* s. *Rete mucosum* der Aelteren, Stachelschicht, *Unna*) ist der innere, unmittelbar an die Lederhaut stossende, fast überall wellenförmig verlaufende Theil der Oberhaut, der an vielen Orten an senkrechten Schnitten schon dem blossen Auge durch seine weissliche oder in verschiedenen Graden braune Farbe von der Hornschicht sich unterscheidet und durch weiche, für Flüssigkeiten durchdringliche, polygonale, mit feinen Ausläufern besetzte Zellen sich auszeichnet.



Fig. 145.

Die Form der Zellen, sowie ihre Lagerung sind nicht an allen Orten gleich. Die tiefsten derselben (Fig. 144b), die in einfacher Lage unmittelbar

Fig. 145. Durchschnitt durch die *Malpighi*'sche Schicht und den untersten Theil der Hornschicht von einer Fingerbeere des Menschen. Starke Vergr. In der Schleimschicht die Riffzellen sehr deutlich mit Ausnahme der tiefsten Theile und an der Oberfläche das farbige *Str. granulosum.* Im *Stratum corneum* enthalten die tiefsten Theile, wie Eleidintropfen, die oberen Kernrudimenten ähnliche Bildungen. Fixirung in Alkohol, Färbung in Hämatoxylin. St. Vergr.

der freien Fläche der Lederhaut aufsitzen und durch feine Fortsätze mit derselben wie verzahnt sind, stehen gleich einem Cylinderepithel senkrecht auf der Lederhaut und messen 7—13 μ in der Länge, 5—6 μ in der Breite. Auf dieselben folgen an den meisten Gegenden länglich runde oder selbst runde Zellen von 6—9 μ in mehrfacher Schicht, während an einigen bestimmten Stellen, wie an der Hand und dem Fusse, am Rande der Lider, in der Keimschicht der Nägel und Haarbälge hie und da zwischen die länglichen und runden Zellen nach 1, 2—3 Lagen verlängerter und senkrecht stehender Elemente sich einschieben, so dass dann die Keimschicht in ihren tiefsten Lagen ein streifiges Ansehen erhält. Dieses Verhalten fällt um so mehr in's Auge, als die übrigen Elemente der Keimschicht je weiter nach aussen, um so mehr in einer anderen Richtung sich verschmälern, nämlich wagrecht sich abplatten (Fig. 145) und endlich in den obersten Schichten in 13—36 μ lange, 4 bis 18 μ dicke, kürbiskernartige Gebilde sich umgestalten. Zugleich nehmen dieselben in Folge gegenseitigen Druckes eine vieleckige Gestalt an, die oft schon an den tiefsten rundlichen Zellen andeutungsweise sich vorfindet.

Alle Zellen der Keimschicht stimmen in ihrem Baue in gewissen wesentlichen Punkten überein, indem sie alle ein weiches *Protoplasma* und einen ovalen oder rundlichen Kern enthalten. Die tiefsten Zellen entbehren einer umhüllenden Membran, in einer gewissen Höhe tritt dagegen, wie die Anwendung von kaustischen Alkalien lehrt, eine solche als eine anfangs zarte Bildung auf, um in den oberflächlichsten Lagen nahezu ebenso deutlich zu werden, wie in den angrenzenden Theilen der Hornschicht (S. unten). Eine besondere Eigenthümlichkeit der Zellen des *Rete Malpighii* sind feine Ausläufer oder Fäden, mit denen die Gesammtoberfläche derselben besetzt ist. *Schrön*, der diese Bildungen 1863 entdeckte, hielt sie für Porenkanäle in den verdickten Zellenmembranen, worauf dann *M. Schultze* und *Bizzozero* nachwiesen, dass dieselben von der Oberfläche der Zellen ausgehende Fortsätze sind, von denen sie annahmen, dass dieselben durch gegenseitiges Ineinandergreifen eine feste Vereinigung der betreffenden Elemente bewirken, weshalb *M. Schultze* diese Zellen Stachel- oder Riffzellen nannte. *Bizzozero* sagte sich später (1870) von dieser Ansicht los und stellte die Behauptung auf, dass die Fortsätze benachbarter Zellen untereinander zusammenhängen, so dass demnach zwischen den Zellen besondere, mit Flüssigkeit erfüllte Intercellularräume vorhanden wären, die von den Stacheln durchsetzt werden. Diese Auffassung, der zu Folge der Hauptaccent auf die für die Ernährung und den Stoffwechsel unzweifelhaft sehr bedeutungsvollen Intercellularräume der Oberhautzellen gelegt werden muss, ist unzweifelhaft die richtige, wie vor Allem die Untersuchung der geschichteten Pflasterepithelien lehrt, bei denen die betreffenden

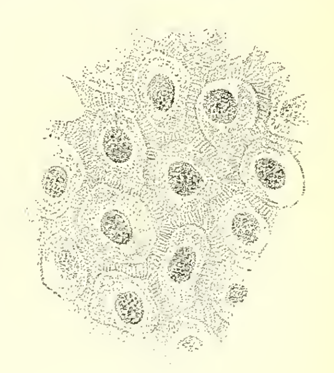

Fig. 146.

Fig. 146. Zellen des Mundhöhlenepithels eines menschlichen Embryo mit Intercellularräumen und Verbindungsfäden. St. Vergr.

Verhältnisse klarer als bei der *Epidermis* hervortreten (Fig 146), doch kommt bei dem jetzigen Stande der Zellenlehre in Betreff der sogenannten Stachelzellen, die besser Strahlenzellen oder Fadenzellen genannt würden, während ihre Fortsätze Intercellularbrücken heissen können, noch ein Punkt in Betracht, der schon in dem allgemeinen Theile (§ 24) erörtert wurde, nämlich der, ob die Fortsätze der betreffenden Zellen als Fortsätze des *Protoplasma* oder als solche der Zellenmembran oder beider anzusehen seien. Meiner Ansicht nach sind bei allen Oberhautzellen, die Membranen besitzen, die Intercellularbrücken Fortsätze der Zellmembran, bei denen dagegen, die der Membranen entbehren, Verlängerungen des Zellen-*Protoplasma*. In die letzte Kategorie gehören, wie mir scheint, unzweifelhaft die tiefsten Zellen des *Stratum Malpighii* der *Epidermis* und der geschichteten Pflasterepithelien, die weder in Essigsäure noch in kaustischen Alkalien eine Membran erkennen lassen, in die erstere die oberen Zellen dieser Lagen und die der Hornschicht. Nach einer anderen Auffassung sind die fraglichen Bildungen auch im letzteren Falle *Protoplasma*-Fortsätze, die entweder durch Poren der Membran heraustreten oder eine Bekleidung von derselben mitnehmen, Annahmen, die vorläufig als wenig wahrscheinlich zu bezeichnen sind.

Der Inhalt der Elemente der Keimschicht ist, die gefärbte Oberhaut (Siehe unten) und eine besondere oberflächliche Lage derselben, die Körnerschicht, ausgenommen, regelrecht nie mit grösseren Gebilden, Körnern oder Fetttropfen z. B. versehen, sondern feinkörnig mit verschieden deutlich ausgeprägten Körnchen. Die Kerne dieser Zellen sind in den kleinsten, tiefen Elementen klein (3 bis 5 μ), grösser (von 6 bis 11 μ) in den oberflächlichen, kugelig oder linsenförmig in den runden und abgeplatteten, länglich rund in den cylindrischen Zellen. In den grösseren Zellen erscheinen die Kerne deutlich als Bläschen, oft mit

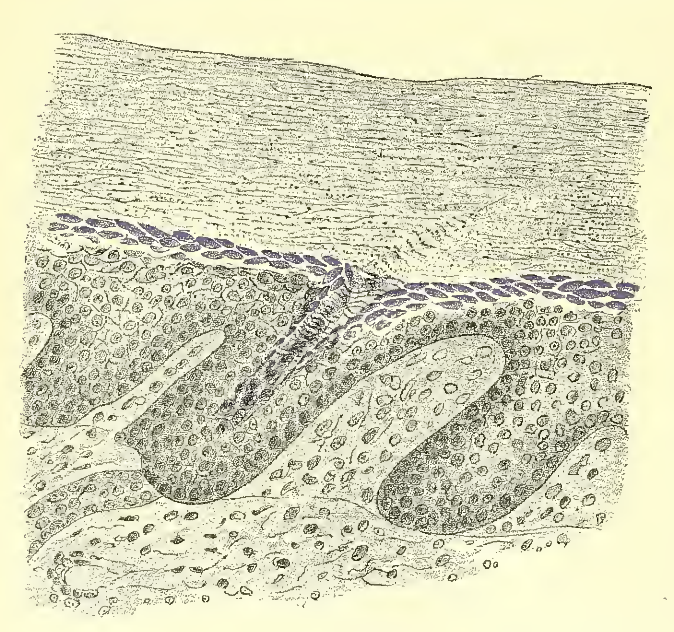


Fig. 147.

Fig. 147. Senkrechter Durchschnitt der Haut eines Fingers. Körnerschicht gefärbt und in einen Schweissgang sich hineinziehend. Hämatoxylin. Mittl. Vergr.

einem *Nucleolus*, in den kleineren dagegen sind dieselben dem Anscheine nach körnig oder gleichartig.

Die oberflächliche Lage der Keimschicht, die sogenannte Körnerschicht, *Stratum granulosum* (*Unna*), wird von eigenthümlichen Zellen gebildet (*Aufhammer*, *Langerhans*) (Fig. 145). Genauer angegeben besteht die Körnerschicht aus 2—3, selbst 4 und 5 Lagen platter grosser Zellen von der Beschaffenheit derer der angrenzenden Theile der *Malpighi*'schen Schicht, von denen sie jedoch sofort durch ihren Inhalt sich auszeichnen. Derselbe zeigt kleinere und grössere, runde und länglichrunde, selbst stabförmige Gebilde, die den Eindruck fester Körperchen und nicht von Tropfen machen, (*Eleidin*, *Ranvier*, *Keratohyalin*, *Waldeyer*), die in *Pikrokarmin* und *Haematoxylin*, nach *Zander* auch im *Methyleosin*, intensiv sich färben. Gewöhnlich sind zwei oder drei Zellenschichten mit diesen Elementen vollgepfropft, so dass deren Kerne nicht oder nur undeutlich zur Anschauung kommen. In gewissen Fällen jedoch finden sich unter, auch wohl über der Körnerschicht einzelne mit kleineren und spärlicheren Körnern versehene *Epidermis*-Schüppchen, die z. Th. als Entwickelungsstufen der gekörnten Zellen anzusehen sind, z. Th. wohl auch eine andere Bedeutung haben, worüber unten mehr.

In Betreff der Verbreitung und der Dicke der Körnerschicht beim Menschen ergeben die Untersuchungen von *Klein* und *Noble Smith* und von *Zander*, dass dieselbe im Allgemeinen da am dicksten ist, wo die Hornschicht ihre grösste Stärke besitzt, wie vor Allem an der Handfläche und Fusssohle, dünner, eine bis zwei Zellenlagen dick, an anderen Orten, an denen sie stellenweise nur durch einzelne Zellen vertreten ist, oder in kleinen Bezirken selbst ganz fehlen kann, wie an den beiden ersten Abschnitten der Extremitäten. Am Kopfe finden sich die Körnerzellen besonders um die Mündungen der Haarbälge herum. An der Dorsalseite von Hand und Fuss ist die Körnerlage gut entwickelt, fehlt jedoch im ganzen Nagelbette.

In Betreff des Baues der Zellen des *Stratum Malpighii* ist noch keine Uebereinstimmung erzielt. *Ranvier* schreibt dem *Protoplasma* derselben einen fibrillären Bau zu und betrachtet deren Verbindungsfäden als Fortsetzungen der inneren Fibrillen, die jedoch noch eine Umhüllung von dem interfibrillären Zelleninhalte besitzen. Ausser diesen kurzen Verbindungsfäden beschreibt übrigens *Ranvier* auch noch längere solche, die büschelweise von Zelle zu Zelle gehen und das ganze *Stratum Malpighii* wie ein einziges Zellennetz erscheinen lassen (Travaux scientifiques de Mr. *Ranvier* 1885, S. 61, mit Abbildung). Auch *Ramon y Cajal* beschreibt Fasern im Innern der Zellen des *Stratum Malpighii* auch in den Körnerzellen, und fasst die Intercellularbrücken wie *Ranvier* auf, nur dass er denselben noch eine Hülle von der Zellmembran zuschreibt (Internat. Monatsschr. III). Nach dem neuesten Autor *Manille Ide* besitzen alle mit Intercellularbrücken versehenen Epithelzellen eine Zellmembran, in der sehr zarte netzförmig verbundene Fäserchen enthalten sind, und von den Knotenpunkten dieser gehen die Intercellularbrücken aus, welche somit einfach Fortsätze der Zellmembran wären (La Cellule IV). Meine Auffassung der Intercellularbrücken habe ich oben schon auseinander gesetzt und bemerke ich daher hier nur noch so viel, dass *M. Ide* sicher im Unrecht ist, wenn er annimmt, dass alle Zellen mit solchen Verbindungen Membranen besitzen, indem noch Niemand an den tieferen Zellen des *Stratum germinativum* der Epidermis solche nachgewiesen hat. Auch bei den geschichteten Epithelien bringen an den tieferen Zellen weder kaustische Alkalien noch verdünnte Säuren Membranen zum Vorschein und kann daher die allerdings scharf gezeichnete Begrenzungsschicht dieser Elemente auch kaum Anspruch auf den Namen einer Membran erheben. Bei den Epi-

thelien der Mundhöhle von Embryonen sind nach *Ide's* (l. c.) und *meinen* eigenen Erfahrungen (Würzb. Sitzungsber. 1889, 18. Jan.) die Intercellularräume und Brücken ausgezeichnet schön und hier finde auch ich bei den stärksten Vergrösserungen Andeutungen einer netzförmigen Verbindung der Ausgangspunkte der Zellenausläufer an der Oberfläche der Zellen, welche jedoch lange nicht so deutlich und scharf gezeichnet sind, wie dieser Forscher sie darstellt. Dagegen zeigen diese Zellen, wie im § 24 schon angegeben wurde, in gewissen Fällen ein sehr zierliches inneres Plastinnetz (Fig. 47, 50), das jedoch mit der Begrenzungsschicht der Zellen nicht zusammenhängt, vielmehr oft von derselben sich ablöst und andere Male wie parallel und senkrecht verlaufende Fasern zeigt, die bei genauer Besichtigung auch unter einander verbunden zu sein scheinen.

Ranvier betrachtet die Körner des *Stratum granulosum* als Tropfen einer besonderen Substanz, die er *Eleidin* nennt und als eine Vorstufe des Keratins bezeichnet. Dieselbe Substanz soll die Zellen der tiefsten Lage der Hornschicht oder des *Stratum lucidum* (s. unten) in flüssigem Zustande ganz und gar erfüllen und sich aus denselben, wie aus einem Schwamme auspressen lassen. Eine Charakteristik der chemischen Verhältnisse seines *Eleidins* giebt jedoch *Ranvier* nicht und ist alles, was er weiter mittheilt, nämlich die intensive Färbung der Körner in Pikrokarmin und Haematoxylin, bereits *Langerhans* und *Unna* bekannt gewesen. Genauer hat *Waldeyer* die Körner untersucht, denen er eine festere Konsistenz, ähnlich den Colloidsubstanzen, zuschreibt. Dieselben sind nach ihm unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, ebenso in Eisessig bei kürzerer Einwirkung und in Ammoniak. In Jod färben sie sich nicht. Löslich sind dieselben in kaustischem Kali und Natron, in Salzsäure und Salpetersäure, in Glycerin-Pepsinextrakt. *Waldeyer* vergleicht die Substanz der Körner mit dem Hyalin von *v. Recklinghausen*, ohne sie demselben gleichstellen zu wollen und nennt dieselbe *Keratohyalin.* Meine Erfahrungen stimmen im Allgemeinen mit denen von *Waldeyer* überein. Namentlich ergab sich mir *Ac. acet. glaciale* als ausgezeichnet wirksam, wenn es sich darum handelt, die Körner schnell nachzuweisen und auch nach längerer Einwirkung dieselben nicht angreifend, und verändert diese Säure auch in Pikrokarmin und Haematoxylin gefärbte Körner nicht. Ferner finde ich die Körner unlöslich in Terpentinöl, Kreosot, Chloroform und halten sich dieselben in Kanadabalsam oder Lackpräparaten ganz gut. Wie *Ranvier* sah ich an Pikrokarminpräparaten in den angrenzenden Hornschichtlagen, dem *Stratum lucidum,* auch eine Färbung und hier oft die beiden Flächen eines Schnittes mit gefärbten klaren Tropfen bedeckt (Fig. 145), die entweder kleine quere Reihen bildeten, oder einzeln quer verlängert waren, wie wenn sie aus einzelnen Zellen herausgetreten wären, eine Deutung, die ich, wenn auch naheliegend, doch vorläufig nicht mit Bestimmtheit vertreten möchte.

Der neueste Autor *Zander* bezeichnet die Körner einfach als Keratin, ohne zu bedenken, dass die Membranen der Zellen des *Stratum corneum,* verschieden von den Körnern des *Stratum granulosum,* in *Kali* und *Natron causticum* unlöslich sind.

In Betreff der Verbreitung des *Eleidins,* welchen Namen ich beibehalte, obschon ich die betreffenden Körner für fest halte, bei Thieren liegen Angaben von *Waldeyer*, *Ranvier* und *Severin* vor, die nicht in allem mit einander stimmen. *Ranvier* vermochte bei Vögeln, Reptilien und Amphibien, wo *Waldeyer Eleidin* angegeben hatte, kein solches zu finden, und behauptet, dass dasselbe nur bei Säugern, aber hier auch in geschichteten Schleimhäuten vorkomme (Mund, Zunge, *Oesophagus*), was *Severin* bestätigt (Mikr. Arch. Bd. 26). Beim Menschen sah *Ranvier* dasselbe auch in gewissen Papillen der Zungenwurzel, ferner in pathologischen Fällen bei Papillarhypertrophien und Epitheliomen in reichlicher Menge, so lange als der Bau der Hornschicht erhalten war, wogegen das *Eleidin* verschwand, sobald in Folge von Entzündungen oder anderer Vorgänge die Verhornung der Oberhaut unterblieb.

§ 55.

Die Hornschicht, *Stratum corneum*, bildet den äusseren, halbdurchsichtigen, beim Weissen farblosen Theil der Oberhaut und stellt im Allgemeinen eine einfache, durchweg gleichgebildete Lage dar, zeigt jedoch da, wo sie am dicksten ist, wie an der *Planta pedis* und *Vola manus*, eine tiefste, dünne Schicht, die heller erscheint und als *Stratum lucidum* (*Oehl*) von der

eigentlichen Hornschicht unterschieden worden ist, obschon dieselbe keinerlei grösseren Eigenthümlichkeiten des Baues darbietet und einfach aus zwei bis vier Lagen von Schüppchen besteht, die nur durch ihre stärkere Abplattung und gleichartiges helles Aussehen von den nächst höheren Elementen sich unterscheiden und auch durch ihr Verhalten gegen Farbstoffe von den benachbarten Lagen in etwas abweichen (*Behn*). Sollte das *Eleidin* in der Körnerschicht mehr fest sein, wie ich mit *Waldeyer* annehme, und im *Stratum lucidum* verflüssigt dem übrigen Zelleninhalte sich beimengen, so könnte dies wohl einen Grund für das helle Aussehen der Elemente desselben abgeben. Weiter oben könnte dann dieses *Eleidin* an der Bildung der Keratinmembran der Zellen sich betheiligen und so an diesen Elementen Inhalt und Wand wieder deutlich werden. Die

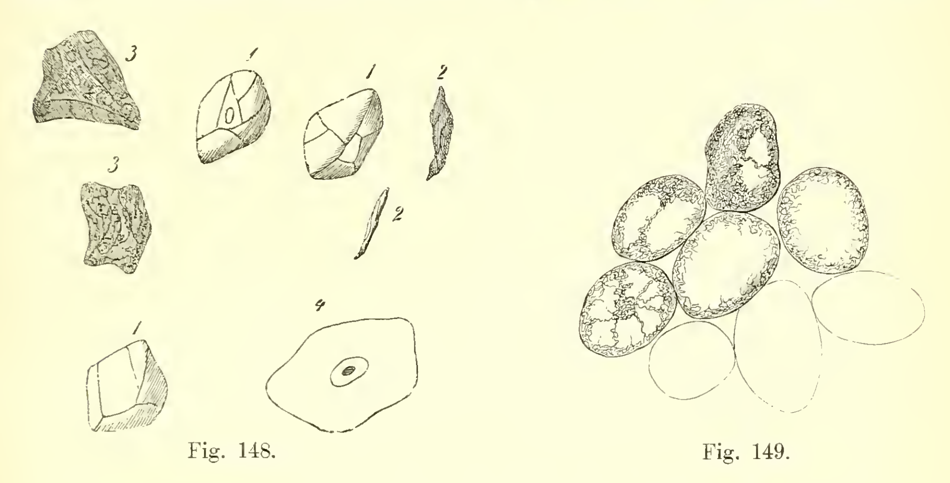


Fig. 148. Fig. 149.

gesammte Hornschicht besteht nämlich aus mehr weniger abgeplatteten Zellen, den Epidermisschüppchen oder Hornplättchen, die auf den ersten Blick keine weitere Struktur zeigen und als ganz gleichartige, durchweg aus derselben Substanz gebildete Elemente erscheinen, jedoch bei genauerer Untersuchung alle als Bläschen sich ergeben, die einen besonderen Inhalt führen. Frisch und ohne Zusätze oder mit dünnem Alkohol oder sehr verdünnter Ueberosmiumsäure untersucht, erscheinen diese Schüppchen von der Fläche als ganz helle, 4, 5 bis 6eckige oder unregelmässig rundlicheckige Elemente von 18—44 μ, im Mittel 22—35 μ Durchmesser, die an ihren beiden Flächen eine gewisse Zahl (4—6) ebener polygonaler Felder zeigen, die von dem Drucke der anliegenden Elemente herrühren. In der Seitenansicht sind die Epidermisschüppchen meist spindelförmig oder länglichrund und zeigen sich, wie *Zander* richtig angiebt, in zwei Hauptformen, einmal als ganz dünne, nach meinen Bestimmungen nur 2,5—5,5 μ messende Schüppchen oder Plättchen und als dickere, den Elementen

Fig. 148. Hornschichtplättchen des Menschen. 350 Mal vergr. 1 Ohne Zusätze von der Fläche, eines mit einem Kern. 2 Von der Seite. 3 Mit Wasser behandelt, körnig und dunkler. 4 Kernhaltiges Plättchen, wie sie an der Aussenseite der *Labia minora* und an der *Glans penis* vorkommen.

Fig. 149. Mit *Kali conc.* gekochte und aufgequollene Hornplättchen mit theilweise und ganz aufgelöstem Inhalte. 350 Mal vergr.

der *Malpighi*'schen Lage ähnliche Zellen von 10—16 μ Dicke, die im Mittel 12 μ messen.

Ueber den Bau der Hornplättchen giebt vor Allem verdünntes kaustisches Kali und Natron Aufschluss, durch welche Mittel dieselben in kurzer Zeit zu länglichrunden Bläschen aufquellen und eine deutliche Begrenzungsmembran zeigen. Hierbei wird ein in denselben in geringer Menge vorhandener Inhalt gelöst und erscheint manchmal vor der Lösung in Gestalt einer körnigen trüben Masse, während in anderen Fällen die Lösung ohne wahrnehmbare Erscheinungen vor sich geht. Aehnlich nur langsamer wirkt Essigsäure. Auch künstliche Verdauungsflüssigkeit löst den Inhalt der Hornzellen und in Anilinfarbstoffen, wie Safranin und Gentiana, färbt sich derselbe stark, während die verhornte Zellmembran ungefärbt sich erhält (*Fr. Reinke*). — Weitere Aufschlüsse über die Beschaffenheit des Inhaltes der Hornplättchen gewinnt man, wenn man dieselben in Flüssigkeiten isolirt, die den Inhalt gerinnen machen oder trüben, was durch kurze Maceration frischer Schnitte in Kochsalz von $^{1}/_{2}$ %, in Chromsäure von 0,05 % und in doppeltchromsaurem Kali von 1 % mit Leichtigkeit erzielt wird. Solche Plättchen (Fig. 150) zeigen von der Fläche eine sehr zierliche *konzentrische Zeichnung* und eine *feine, dichte Punktirung* meist mit einem ovalen, kernartigen Körper im Centrum und im Profil eine feine Streifung parallel dem längeren Durchmesser. Ausserdem sieht man von der Fläche auch die Felder und Kanten, die oben schon geschildert wurden und häufig unregelmässige stärkere Falten und Leisten ähnliche Züge. Von diesen Bildungen gehört die feine Punktirung der Oberfläche der Schüppchen an und die faserartigen konzentrischen Streifen dem Innern, doch ist es schwer zu sagen, ob dieselben der Ausdruck typischer Verhältnisse oder Kunsterzeugnisse sind. Dasselbe gilt von feinen, mehr parallelen Streifen und Fasern ähnlichen Bildungen, die die Schüppchen senkrecht durchziehen und oft so deutlich erscheinen, wie die oben erwähnten vom *Rete Malpighii* und von geschichteten Epithelien. Aehnliches und zwar Fasernetze beschreibt neulich auch *Zander* in gewissen Hornzellen.

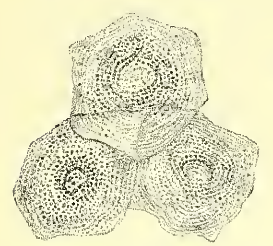



Fig. 150.



Fig. 151.

Eine nicht leicht zu entscheidende Frage ist die, ob die Schüppchen der Hornschicht kernlos sind oder noch Kernreste zeigen. Ich glaubte früher für das stellenweise Vorkommen von Kernresten mich aussprechen zu müssen (Mikr. Anat. II, 1, S. 49), bin aber in neuerer Zeit wieder schwankend geworden, da es mir nicht gelang, durch die bekannten Kernfärbemittel irgend eine Spur von

Fig. 150. Drei Hornplättchen in Chromsäure macerirt mit konzentrischen Streifungen. Starke Vergr.

Fig. 151. Ein Theil eines senkrechten Epidermisschnittes des Menschen mit Kernresten in der Hornschicht, mit verdünnter Chromsäure. Stärkere Vergr.

gefärbten Bildungen in den Oberhautschüppchen nachzuweisen. Ebensowenig führt Essigsäure zu einem Ergebnisse, auch wenn man dieselbe auf isolirte Schüppchen einwirken lässt. Das einzig sichere, was ich mitzutheilen habe, ist folgendes. Erstens sieht man an Schnitten getrockneter Haut, die in starkem Alkohol aufbewahrt wurden, an vielen Schüppchen der tieferen und oberflächlicheren Hornschichtlagen, vor allem in den zwischen den Cutisleisten und Papillen gelegenen Einsenkungen, kleine runde und stabförmige Gebilde erscheinen, die den Glanz und das Aussehen von Vacuolen besitzen, aber doch Kernrudimente sein könnten, da auch im Nagel die Kerne wie Höhlungen aussehen. Behandelt man solche Schnitte mit Glycerin, so treten diese kernartigen Körperchen viel deutlicher hervor und machen nun entschieden den Eindruck von festen Gebilden, von Körnern und Stäbchen. Dieselben Gebilde zeigen auch mit Pikrokarmin behandelte Stücke (Fig. 145). Ferner lassen auch isolirte Schüppchen, wie wir oben sehen, kernähnliche Bildungen erkennen (Fig. 148). Endlich erscheinen nach Behandlung mit kaustischen Alkalien, wie *Henle* in seiner letzten Arbeit über den Nagel angiebt (S. 8, 9 Taf. I, Fig. 5), in vielen aufgequollenen Schüppchen kleine dunkle Körner (und Stäbchen, *ich*) mit Fettglanz, die *Henle* vermuthungsweise auf die *Nucleoli* bezieht. Ob diese Thatsachen genügen, um die Existenz von Kernrudimenten in gewissen Epidermisschüppchen oder von Höhlungen, die denselben entsprechen würden, darzuthun, will ich nicht entscheiden, und möchte nur noch bemerken, dass eine Vergleichung des Verhaltens der Nagelschüppchen und Hornschichtzellen in Kali und Essigsäure, nicht gerade zu Gunsten einer Annahme von Kernen in den letzteren spricht. An den *Labia majora* (Innenseite) und *minora*, sowie an der *Glans penis* und der Innenseite des *Praeputium* sind in allen Hornplättchen Kerne vorhanden (Fig. 148) und stimmt der Ueberzug dieser Theile im Wesentlichen mit den geschichteten Pflasterepithelien überein.

Gewöhnlich wird angenommen, dass in der Hornschicht der Epidermis die Zellen dicht aneinander schliessen. Ich glaube jedoch zu finden, dass auch hier feine Intercellularräume vorkommen und sehe dieselben besonders an mit Alkohol oder verdünnter Ueber-Osmiumsäure behandelten Schnitten als schmale helle Strassen zwischen den einzelnen Schüppchen, in denen selbst mehr weniger bestimmte Andeutungen von Fäden vorkommen, die die einzelnen Schüppchen verbinden (Fig. 152). An isolirten Schüppchen finde ich allerdings niemals solche Fortsätze, wie sie an den Zellen der *Malpighi*'schen Schicht vorkommen, auch nicht in den zartesten Andeutungen, wohl aber deutet die feine dichte Punktirung, die an isolirten Epidermisschüppchen wahrgenommen wird, auf eine besondere Struktur ihrer Oberfläche und ebenso gewisse Er-

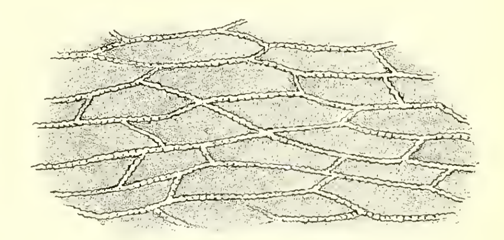


Fig. 152.

Fig. 152. Vom *Stratum corneum* des Menschen. Vertikalschnitt. Homog. Immersion 1/18 v. *Zeiss*.

scheinungen, die durch *Kali causticum* aufgequollene Schüppchen darbieten. Solche Elemente zeigen ihre Zellmembran im Profil wie aus kleinen Körnern zusammengesetzt oder wie von Porenkanälchen durchsetzt und von der Fläche erkennt man an denselben da und dort, namentlich wo zwei Zellen übereinander greifen, eine zarteste, dichteste Punktirung oder Körnelung, wie wenn die Membran aus Körnchen bestünde oder mit solchen besetzt wäre. Setzt man solchen Zellen Kochsalz, doppeltchromsaures Kali oder Chromsäure zu, so wird die Körnelung überaus deutlich, zugleich treten aber auch gröbere und feinere Gerinnungen im Innern der Zellen auf, die das Bild etwas trüben. Gestützt auf diese Wahrnehmungen lässt sich annehmen, dass auch das *Stratum corneum* Intercellularräume besitzt und dass vielleicht auch hier noch der Inhalt der verschiedenen Schüppchen untereinander in Verbindung steht. Für eine solche Deutung spricht auch, dass an der Grenze von Hornschicht und Keimschicht die Intercellularräume des *Stratum granulosum*, die schon feiner sind als die der tieferen Lagen, direkt in die der Hornschicht übergehen, wie besonders Behandlung von Schnitten in Alkohol erhärteter Haut mit Glycerin lehrt. Auch *Unna* findet Andeutungen von Intercellularräumen im *Stratum corneum*, während fast kein Autor solche vom *Stratum granulosum* erwähnt.

Während das *Stratum Malpighii*, die obersten Zellenlagen ausgenommen, nur undeutlich geschichtet ist, findet sich in der Hornschicht durchweg eine deutliche Schichtung in der Weise, dass ihre Plättchen durch Aneinanderlagerung in der Fläche eine je nach der Dicke der Hornschicht verschiedene Zahl von Blättern bilden (Fig. 144). Von diesen Blättern, die jedoch nicht als scharf von einander getrennte einfache Zellenlagen gedacht werden dürfen, sondern in der Fläche unter sich zusammenhängen und nur zu mehreren, namentlich leicht an gekochter und erweichter Oberhaut mit dem Messer darzustellen sind, zeigen die innersten, ebenso wie die Keimschicht *in toto* betrachtet, einen wellenförmigen Verlauf, springen an den Spitzen der Papillen nach aussen vor und senken sich zwischen denselben nach innen ein. In besonders ausgezeichnetem Grade hat dies an allen den Stellen statt, wo sehr entwickelte Papillen und eine nicht zu dicke Keimschicht sich finden, besonders an der Handfläche und Fussohle, indem hier oft (s. Fig. 115) die Hornschicht so tief zwischen die Papillen eindringt, dass ihre untersten Zellen in Einer Ebene mit der halben Höhe der Papillen stehen; wo die Papillen kleiner sind, senkt sich die Hornschicht weniger zwischen dieselben hinein, oder liegt selbst ganz eben auf der Keimschicht, was auch da der Fall ist, wo die Papillen fehlen. Die übrigen Theile der Hornschicht nehmen, je weiter sie von der Keimschicht sich entfernen, einen um so weniger gebogenen Verlauf an, doch kann man nicht nur an Hand und Fuss, sondern auch noch an manchen anderen Orten an senkrechten Schnitten in den obersten Lagen des *Stratum corneum* einen leicht welligen Verlauf der Blätter wahrnehmen, und die Stellen erkennen, an denen in der Tiefe Papillen sitzen.

Die in die Oberhaut eindringenden *Cutis*-Papillen und die sie durchsetzenden Schweissgänge und Haarbälge bedingen auch gewisse Verschiedenheiten in der Stellung der Oberhautschüppchen. So sind dieselben am meisten abgeplattet in den Wellenbergen über den Papillen, dicker in den Wellenthälern. Im Flächenbilde ferner stehen dieselben kreisförmig um die Haarbälge und

Schweissgänge herum, während sie in den übrigen Gegenden keine bestimmte Anordnung zeigen. Endlich sind die Schüppchen um die Schweissgänge herum, auch je nach dem Verlaufe dieser Kanäle, wagerecht, schief oder senkrecht gestellt. Auch lange Papillen können eine konzentrische Stellung der Elemente der Hornschicht veranlassen, wie an dem den Nagel umgebenden *Stratum corneum* und an der dicken Oberhaut vieler Säuger.

Die Oberhaut nimmt in Reagentien (*Osmium*, salicylsaures Eisenchlorid u. a.) verschiedene Färbungen an, die bald gleichmässig über die Horn- und Keimschicht sich verbreiten, bald, abgesehen von dem *Stratum granulosum*, in beiden in verschiedenen Tönen auftreten, oder selbst in der Hornschicht Abstufungen zeigen, welche zur Annahme von Unterabtheilungen derselben geführt haben (*Unna*, *Hebra*). Mir scheinen vorläufig genügende Gründe für solche Unterscheidungen zu mangeln, um so mehr, als die fraglichen Färbungen eine grosse Wandelbarkeit zeigen. Mehr Beachtung verdient die Angabe von *Ranvier*, dass die von *Langerhans* entdeckte Schwarzfärbung der gesammten Hornschicht durch *Osmium* ausbleibe, wenn dieselbe vorher mit absolutem Alkohol behandelt werde, woraus der Schluss abgeleitet wird, dass die Hornschicht wahrscheinlich von Fett getränkt sei. Vom *Stratum lucidum*, bei dem die Schwärzung ausbleibt (*Unna*) nimmt *Ranvier* an, dasselbe sei noch mehr wasserhaltig und könne daher auch kein Fett aufnehmen. In Betreff dieser Angaben habe ich zu bemerken, dass auch das *Stratum lucidum* in *Osmium* schwarz wird, wie denn auch *Ranvier* in seiner Fig. 299 dasselbe nicht hell darstellt; dagegen kann ich bestätigen, dass die Hornschicht nach Behandlung mit absolutem Alkohol durch *Osmium* sich nicht mehr schwärzt.

Zander stellt in einer neuen sorgfältigen Arbeit den Satz auf, dass die Hornschicht zwei Typen zeige. Beim Typus A besteht die Hornschicht aus Zellen von etwa 15 μ Dicke und 30 μ Breite, deren begrenzende Wand mit derjenigen der benachbarten Zellen in einen dünnen verhornten Saum von 0,8 μ umgewandelt ist, und die im Innern ausser einem Netzwerke allerfeinster, ebenfalls verhornter Fäden in hellen runden Flecken Andeutungen der Stellen zeigen, wo die Kerne sassen. Der Typus B dagegen zeigt die Hornschichtzellen ungemein abgeplattet und ganz und gar, auch im Innern verhornt. Typus A findet sich nur an Handfläche und Fussohle, der Typus B an allen anderen Orten und manchmal auch an den ersten Stellen mit A untermengt.

An dieser Darstellung ist das richtig, dass die Hornschichtzellen in den Gegenden mit dünner Hornschicht im Allgemeinen mehr abgeplattet sind. Verfehlt ist dagegen die Annahme, dass ganz verhornte Zellen, etwa wie diejenigen der Haarcuticulae, in der Oberhaut vorkommen. Kaustische Alkalien verdünnt und namentlich auch bei etwelcher Erwärmung angewandt, lehren, dass alle Hornplättchen der Epidermis ohne Ausnahme zu Blasen aufquellen, ferner auch von einander sich lösen, was übrigens auch durch einfache Maceration geschieht, und keine Spur eines verhornten Inhaltes besitzen.

§ 56.

Die Farbe der Epidermis anlangend, so ist, wie schon erwähnt, beim Weissen die Hornschicht durchscheinend und farblos oder leicht ins Gelbliche spielend, die Keimschicht gelblich-weiss oder verschiedentlich bräunlich gefärbt. Am tiefsten bis zum Schwarzbraunen gehend ist die Färbung im Warzenhofe und an der Brustwarze, vor Allem beim Weibe zur Zeit der Schwangerschaft und bei Frauen, die schon geboren haben, schon geringer an den *Labia majora*, dem *Scrotum* und *Penis*, wo dieselbe übrigens sehr wechselt, bald fast ganz fehlt, bald sehr ausgesprochen ist, am unbedeutendsten in der Achselhöhle und um den *Anus* herum. Ausser an diesen Stellen, die bei den meisten Menschen mehr oder weniger, bei dunkler Hautfarbe mehr als bei heller, gefärbt sind,

lagert sich dann an verschiedenen anderen Orten, bei Schwangeren in der *Linea alba* und im Gesicht (rhabarberfarbene Flecken), bei Individuen, die den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, an den unbedeckten Hautstellen, endlich bei solchen mit dunkler Hautfärbung fast über den ganzen Körper ein stärkerer oder schwächerer, oft sehr dunkler Farbstoff ab, der ebenfalls im *Stratum Malpighii* wurzelt. Der Sitz dieser Färbungen sind, abgesehen von besonderen Pigmentzellen, von denen weiter unten die Rede sein soll, die gewöhnlichen Zellen der Keimschicht, um deren Kerne ein feinkörniger oder mehr gleichartiger Farbstoff oder wirkliche Pigmentkörnchen abgelagert sind. Bei leichten Färbungen sind nur die Kerngegenden und zwar nur die der tiefsten Zellenlage betheiligt, so dass auf senkrechten Schnitten die Papillen von einem gelben Saume begrenzt sind; dunklere Färbungen werden theils dadurch hervorgebracht, dass die Färbung auf 2—4 und mehr Zellenschichten und auf den ganzen Zelleninhalt sich erstreckt, theils beruhen sie auf dunkleren Ablagerungen in der tiefsten Zellenschicht, welche beide Verhältnisse gewöhnlich miteinander vereint sind (Mikr. Anat. II 1, Taf. 1, Fig. 2). Auch die Hornschicht ist an stärker gefärbten Stellen in ihren Elementen schwach gleichartig gefärbt.

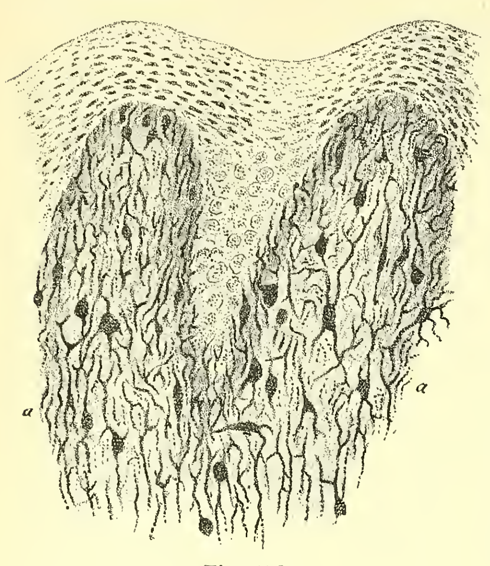


Fig. 153.

Beim Neger und den farbigen Menschenstämmen ist es ebenfalls wesentlich die Oberhaut, welche gefärbt ist, doch finden sich hier, wie wir oben sahen, auch Pigmentzellen in wechselnder Anzahl in der *Cutis*, die beim Weissen nur in den gefärbten Stellen und spärlich vorkommen. Der Farbstoff der Oberhaut ist hier viel ausgebreiteter und dunkler. Auf die hellbraunen bis schwarzbraunen tiefsten Zellen (Fig. 144), die scharf gegen die Lederhaut abstechen (M. Anat. II. 1, Taf. 1. Fig. 4), folgen hellere, jedoch immer noch braune Zellen, welche besonders in den Vertiefungen zwischen den Papillen stärker angehäuft sind, endlich kommen an der Grenze gegen die Hornschicht braungelbe oder gelbe, oft ziemlich blasse, mehr durchscheinende Lagen, von denen die äussersten mit blassen Granulationen eine gut entwickelte Körnerschicht darstellen. Der Farbstoff ist in diesen Zellen, die der typischen Fortsätze der Oberfläche nicht ermangeln, theils in Form von Körnern zu finden, theils gleichartig durch den Inhalt verbreitet, welches letztere Verhalten beson-

Fig. 153. Ein Theil der Oberhaut des Fingers eines Gorilla. Die stark verzweigten Pigmentzellen gehören den tiefsten Lagen des *Stratum Malpighii* zweier grossen Papillen an. Die über dieser Lage befindlichen Elemente der Oberhaut sind alle pigmentirt. Stärkere Vergr.

ders den oberflächlichen Zellen zukommt (M. Anat. II. 1, Taf. 1, Fig, 6 a b) und auch in der Hornschicht sich findet, die beim Neger ebenfalls einen Stich in's Gelbliche oder Bräunliche hat. Demzufolge ist zwischen der Haut der Neger und derjenigen der gefärbten Stellen der weissen Rassen nur ein geringer Unterschied vorhanden, der stellenweise selbst ganz fehlen kann.

Die Herkunft des Pigmentes in der *Epidermis* betreffend, so hat die neueste Zeit über diese Frage wichtige Aufschlüsse geliefert. Durch die Untersuchungen von *Kerbert, Ehrmann, Riehl, Aeby, Karg* und *mir* ist der Nachweis geliefert worden, dass vielen gefärbten Oberhautgebilden (Oberhäuten, Epithelien, Haaren, Nägeln, Federn) der Farbstoff durch besondere pigmentirte Bindegewebszellen des unterliegenden Gewebes (Lederhaut, Schleimhäute) zugeführt wird. Dies geschieht, wo eine entscheidende Beobachtung möglich ist, dadurch, dass diese Zellen theilweise oder ganz in die Oberhaut einwachsen oder einwandern, mit feinen Verästelungen in den Intercellularlücken derselben sich verbreiten, endlich in die Oberhautzellen selbst eindringen und so denselben das Pigment liefern. Unter den eigentlichen Oberhäuten zeigen die *Epidermis* der anthropoiden Affen, besonders des *Gorilla* (Fig. 153), dann diejenige des Bastes des Hirschgeweihes diese Verhältnisse am deutlichsten, indem hier die Pigmentzellen nicht nur mit ihren Ausläufern, sondern häufig auch mit ihren Zellenkörpern im Innern des *Stratum Malpighii* liegen und zugleich die Ausläufer derselben ungemein lang, z. Th. reich verästelt und sehr fein sind. Beim Menschen sind von *Karg* in normaler Negerhaut zwar keine verästelten Pigmentzellen, wohl aber Ausläufer solcher in der angrenzenden *Cutis* gelegener Zellen wahrgenommen worden, eine Beobachtung, die ich an der Haut der Augenlider an einem von *Chievitz* erhaltenen Präparate bestätigen konnte. Dagegen fand *Karg* in der auf einen Neger transplantirten Haut eines Weissen zwischen den Epithelzellen reich verzweigte Pigmentzellen oder Chromatophoren.

Was die gefärbten Stellen der kaukasischen Rasse anlangt, so sieht man hier nur eine bald grössere, bald geringere Zahl von pigmentirten kleinen Bindegewebszellen in der Nähe der Oberhaut. Aehnliche Zellen finden sich auch, aber sehr unscheinbar, in den tiefsten Lagen der Keimschicht der Oberhaut, dagegen gelang es bis jetzt nicht, schöne, deutliche, spindel- oder sternförmige Elemente hier zu sehen. Wo in der Oberhaut selbst verästelte Pigmentzellen auftreten, finden sich dieselben fast ohne Ausnahme in den tieferen Lagen der Keimschicht. Doch können dieselben in selteneren Fällen, wie beim *Gorilla*, auch in der Nähe der Hornschicht vorkommen. Das Pigment der Oberhaut ist theils körnig, theils diffus. Ersteres ist inter- und intracellular gelagert und findet sich meist nur in der Keimschicht, kann jedoch bei Thieren (*Gorilla*, Cetaceen) auch alle Zellen der Hornschicht erfüllen. Das diffuse Pigment ist besonders den Zellen der Hornschicht eigen (Neger, gefärbte Stellen der Weissen), fehlt aber auch in der Schleimschicht nicht. Wie *Aeby* richtig angiebt, ist das körnige Pigment vorzugsweise an der distalen Seite der Kerne der Keimschichtzellen abgelagert.

Nachdem schon vor Jahren *v. Leydig* und *H. Müller* Pigmentverästelungen (Zellen) in der Epidermis von Fischen, Amphibien, Reptilien und der Ratte gesehen hatten, fand ich bei *Protopterus annectens* solche Verästelungen, deren Zellenkörper unterhalb der Epidermis in der Cutis lagen und sprach die Vermuthung aus, dass alle Pigment-

zellen in den Oberhäuten aus der Cutis stammen und durch Einwanderung in dieselbe gelangen (Würzb. naturh. Zeitschr. I. 1860. S. 13). Diese Andeutung sollte erst viele Jahre später ihre Früchte tragen, indem *Kerbert* im Jahre 1877 (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 13) bei Reptilien und Vogelembryonen nachwies, dass das Pigment der Epidermis in eingewanderten Bindegewebskörperchen liege. Noch später stellte dann *Aeby* (Med. Centralbl. 1885, No. 16) in einer kurzen Notiz ganz allgemein den Satz auf, dass im Epithel kein Pigment gebildet werde, sondern durch Einwanderung von pigmentirten Wanderzellen aus dem benachbarten Bindegewebe in dasselbe hineingelange. Einzelbeschreibungen giebt *Aeby* nicht, doch meldet er, dass seine bereits im Jahre 1884 abgeschlossenen umfassenden Untersuchungen zahlreiche Vertreter, namentlich der Vögel, Säuger, und auch den Menschen und Epidermis und Epithelien, Haare, Federn und Nägel betreffen.

Weitere Einzelbeobachtungen brachten, noch vor der Mittheilung von *Aeby*, *Ehrmann* und *Riehl*. *Ehrmann* theilte 1884—86 (Allg. Wien. med. Zeitung 1884. No. 29. u. Viertelj. f. Dermat. 1885—86) Erfahrungen über die Haare und Oberhäute mit guten Abbildungen der verzweigten Pigmentzellen in der *Conjunctiva corneae* des Ochsen und den menschlichen Haaren mit und vertritt die Ansicht, dass die Pigmentzellen der Cutis nicht in die Epidermis einwachsen, sondern den Epidermiszellen das Pigment einfach abgeben, während *G. Riehl* (Viertelj. f. Dermatol. u. Syphilis 1884, S. 33. Taf. V) das Haarpigment von verzweigten, aus der Cutis eingewanderten Pigmentzellen ableitet. Beide diese Autoren haben auch das Verdienst, auf das Vorkommen ähnlicher Vorgänge bei pathologischen Pigmentirungen der Oberhaut aufmerksam gemacht zu haben.

Die neuesten Untersuchungen über diese Frage rühren von *Karg* und *mir* her. *Karg* fand (Anat. Anz. 1887, Nr. 12) bei seinen Versuchen mit Transplantirung von Negerhaut auf Weisse und von weisser Haut auf Neger ein Einwachsen von Pigmentzellen in ungefärbte Oberhaut und verästelte Pigmentzellen in der Oberhaut des Negers und leitet hieraus dieselben Schlüsse ab, wie *Aeby*, und zu demselben Ergebnisse kam auch ich bei einer grösseren Untersuchungsreihe, die sich auf die Epidermis, Epithelien, Haare und Nägel vom Menschen und von Säugern, auf die Federn des Hühnchens und auch auf pathologische Pigmentirungen bezog (Würzb. Sitzungsber. 1887 und Zeitschr. f. wiss. Zool. 1887, Bd. 45, S. 713, Taf. 37, 38). Vor Kurzem hat endlich *Karg* seine merkwürdigen Versuche ausführlich mitgetheilt (Zeitschr. v. *His* u. *Braune* 1888, S. 367), aus denen ich noch hervorhebe, dass auch in Einem Falle auf einen Weissen eingepflanzte Negerhaut sich entfärbte. *Karg* nimmt an, dass die Epithelzellen die Pigmentkörnchen, wie Phagocyten, durch eigene Thätigkeit aufnehmen, wogegen ich der Meinung bin, dass es am nächsten liegt, an ein Einwachsen der Ausläufer der Pigmentzellen in die Epithelzellen zu denken, da ja nicht zu bezweifeln ist, dass dieselben tief in das Epithel einwandern.

Allem diesem zufolge scheint es sich in der That als richtig herauszustellen, dass in vielen pigmentirten Oberhautgebilden die Farbkörnchen nicht selbständig entstehen, sondern durch gefärbte Bindegewebskörperchen eingeführt werden. Immerhin möchte ich, so lange als nicht noch ausgedehntere Untersuchungen vorliegen, den Satz von *Aeby* nicht unterschreiben, dass im Epithel niemals Pigment gebildet werde. Denn es hat auf jeden Fall ein Theil des Ektoderms, nämlich die Medullarplatte, die Fähigkeit, Farbstoff zu entwickeln, wie die Pigmentlage der Netzhaut und die pigmentirten Nervenzellen lehren. Ausserdem bieten auch wirkliche Oberhäute, wie diejenigen der gefärbten Stellen der Weissen, einer Erklärung im Sinne von *Aeby* annoch grosse Hindernisse, indem es in vielen Fällen nicht möglich ist, ein Einwandern gefärbter Bindegewebszellen nachzuweisen, ja selbst nicht einmal solche Zellen in der Nähe des pigmentirten Epithels zu finden. Bei weiterer Verfolgung dieser Frage möchte das Augenmerk besonders auf folgendes zu richten sein.

1. Können, wie *Ehrmann* annimmt, pigmentirte Cutiszellen Farbkörnchen direkt an die tiefsten Oberhautzellen abgeben, ohne in die Oberhaut einzuwandern.

2. In welchen Fällen entwickeln farblose, in die Epidermis eingewanderte Bindegewebszellen Pigmentkörnchen in sich, wie dies *Kerbert* für Schlangenembryonen nachgewiesen hat (l. c. S. 238 u. folgende).

3. Entwickelt sich in gewissen Fällen Pigment selbständig in echten Oberhautzellen.

Zum Schlusse entreisse ich eine auffallende Beobachtung *Kerbert's* der Vergessenheit. Derselbe fand, dass die in die Epidermis eingewanderten oder in derselben entstandenen Pigmentzellen in gewissen Fällen wiederum verschwinden. So waren bei erwachsenen Nattern nur in der Cutis, nicht in der Epidermis Pigmentzellen zu finden. Und bei Hühnchen, die vor dem 13. Brüttage reiche Pigmentirung der Oberhaut zeigten, war am 23. Tage weder in der Oberhaut noch in der Cutis eine Spur von Pigment zu finden. Hiermit stimmt, was ich an den Federkeimen sah, theilweise überein, indem die reichverästelten Pigmentzellen der Epidermis derselben zur Zeit der Federanlage schwinden, während das Pigment in Federschüppchen übergeht.

§ 57.

Die Dicke der gesammten Oberhaut schwankt zwischen 30 μ und 3,75 mm, was besonders von der wechselnden Mächtigkeit der Hornschicht abhängt und beträgt an den meisten Orten zwischen 50 und 200 μ.

Das Verhältniss der Keimschicht zur Hornschicht anlangend, so ist an den einen Gegenden die erstere regelmässig dicker als die letztere und zwar im Gesicht an allen Stellen, an der behaarten Kopfhaut, am Penis, der Eichel, dem *Scrotum,* der Brustwarze und Brusthaut beim Manne, an den grossen und kleinen Schamlippen, am Rücken und Halse. Die Dicke überhaupt schwankt beim *Stratum Malpighii* an der Grundfläche der Papillen zwischen 16—360 μ; da wo dasselbe stärker ist als die Hornschicht, misst es im Mittel 90 μ, wo es schwächer ist, 20—40 μ. Die Hornschicht misst auf der einen Seite an vielen Orten nur 11 μ, an anderen bis 2 mm und darüber; wo sie das *Stratum Malpighii* übertrifft, beträgt sie meist 220—900 μ, wo sie demselben nachsteht, 20 μ.

§ 58.

Wachsthum, Wiedererzeugung und Entwickelung der Oberhaut. Obschon die Oberhaut wie alle Epidermis-Gebilde eigentlich eine unveränderliche Bildung ist, so zeigt sie doch zu allen Zeiten da oder dort, in grösserem oder geringerem Maasstabe, Wachsthum oder besser ausgedrückt Regenerationserscheinungen zum Ersatze ihrer zufällig verloren gehenden äusseren Lagen. Hierbei findet sich eine Vermehrung der tieferen Elemente der Keimschicht, während die oberflächlichen Lagen derselben fortwährend in Elemente der Hornschicht sich umwandeln, doch ist das genauere dieser Vorgänge noch nicht nach allen Seiten bekannt und namentlich die Rolle, welche die Körner des *Stratum granulosum* spielen, noch nicht hinreichend ermittelt. Sicher ist dagegen, dass in der *Malpighi*'schen Schicht zahlreiche Mitosen sich finden, wie ich dies zuerst bei Embryonen nachgewiesen (Entw. 2. Aufl., S. 773) und wie dies nun auch bei erwachsenen Geschöpfen (Säugethieren, Mensch) von vielen Autoren bestätigt wurde.

Die Oberhaut entwickelt sich aus dem Hornblatte der Embryonalanlage und besteht beim Menschen schon in der 5. Woche aus zwei Zellenlagen, den ersten Andeutungen der Keimschicht und des *Stratum corneum.* In weiterer Entwickelung nimmt die erstere Lage durch Vermehrung ihrer Elemente immer mehr an Dicke zu, während zugleich ihre äussersten Zellen immerfort in Hornzellen sich umwandeln. Die Ausdehnung der Oberhaut in der Fläche anlangend, so ergiebt sich, wie *Harting* (Rech. micrometr. S. 47) richtig bemerkt, daraus, dass die Epidermis-Zellen des Fötus und Erwachsenen in der Grösse

sehr wenig abweichen, dass dieselbe nur dem geringsten Theile nach auf Rechnung der Vergrösserung ihrer Elemente zu setzen ist. Es bleibt demnach nichts anderes übrig, als entsprechend dem grossen Flächenwachsthum der *Cutis*, auch ein solches bei der *Epidermis* anzunehmen, in welchem Falle die Hornschichtlagen, bei denen weder an eine selbständige Vermehrung ihrer Elemente, noch auch an eine Verschiebung derselben gedacht werden kann, auch in der nachembryonalen Zeit eine Reihe von Abschuppungen zeigen müssten, wie solche während des Embryonallebens von mir nachgewiesen worden sind (Mikr. Anat. II. 1, § 21). In Betreff des Vorkommens eines *Epitrichiums*, *Welcker*, bei menschlichen Embryonen vergl. man meine Entw. II. Aufl., S. 776, in welcher nachgewiesen ist, dass die *Epidermis* von Embryonen mehrmals sich abschuppt, und dass namentlich zur Zeit des Durchbrechens der Haare an Brust, Bauch und Rücken die Haarspitzen eine Zeit lang von den äussersten Hornschichtlagen bedeckt sind (l. c. Figur 36 B). *Minot* (Struct. of the human skin in Americ. Natur. June. 1886), der sich von dieser Thatsache auch überzeugt hat, weicht darin ab, dass er die äusserste Oberhautlage als eine ganz besondere Schicht beschreibt, während dieselbe doch durch allmähliche Grössenübergänge mit den tieferen Lagen zusammenhängt. Die von diesem Autor in Figur 2 abgebildeten eigenthümlichen Körper in den äussersten Hornschichtlagen sind dieselben Elemente, die *Zander* (Arch. von *His* und *Braune* 1886, S. 292 flgde.) als blasig aufgetriebene kugelige *Epidermis*-Zellen beschreibt, von denen er annimmt, dass dieselben aus den tieferen Schichten der Oberhaut an die Oberfläche wandern und im Fruchtwasser aufquellen. Ich halte diese Gebilde einfach für oberflächliche Oberhautzellen, die nicht in Hornplättchen sich umgewandelt haben und beim Absterben gequollen sind (S. unten bei den Nägeln).

In Betreff der Bedeutung der Körner des *Stratum granulosum* für die Bildung der Hornschicht liegen die Verhältnisse so, dass in keinem Falle der Satz aufgestellt werden kann, dass diese Körner oder das *Eleidin* unumgänglich nöthige Vorläufer der Verhornung seien, denn es giebt nicht nur bei Thieren viele Beispiele von Horngebilden, die kein Eleidin in ihren weicheren Theilen haben (Vögel, Reptilien vor Allem), sondern es kommen auch beim Menschen solche vor (Nägel, Rindensubstanz und Oberhäutchen des Haares, Oberhäutchen der inneren Wurzelscheide). Nichtsdestoweniger könnte das Eleidin, wo es sich findet, bei der Verhornung eine gewisse Rolle spielen, indem es ja denkbar ist, dass nicht alle verhornten Bildungen chemisch genau übereinstimmen. In diesem Sinne sprechen auch die neuesten Angaben von *Reinke*, der mit Gentiana und Saffranin bei verschiedenen Horngebilden ganz verschiedene Resultate erhielt. So färbten sich z. B. die verhornten Membranen der Oberhautzellen nicht, wohl aber der Inhalt. Die Elemente der Haarwurzelscheide dagegen, die ganz verhornt sind, färbten sich bis auf einen schmalen äusseren Saum, die Schüppchen des Nagels, die Inhalt haben, ganz und gar. Das Haarmark, das nur äusserlich verhornte Zellen hat, färbte sich ganz, Rinde und Oberhäutchen dagegen nur an einer kleinen Stelle in der Tiefe. Nirgends etwas Gesetzmässiges und der beste Beweis, wie wenig wir noch die Wirkungen der Farbstoffe übersehen.

In der tiefen Hautfalte, die die *Glans penis* und *clitoridis* umgiebt, hat eine beständige Abstossung und Neuerzeugung der hier weichen und kernhaltigen Epidermisschüppchen statt, wodurch eine besondere Absonderung, die Vorhautschmiere, *Smegma praeputii*, erzeugt wird, an deren Bildung übrigens, wenigstens beim Manne, auch noch die Abscheidung der Talgdrüsen der Vorhaut (s. unten) sich betheiligt. Eine Häutung oder Abstossung der gesammten Hornschicht der Oberhaut in ausgedehnterem Grade,

wie sie beim Embryo und bei vielen Thieren vorkommt, findet sich beim Menschen, ausser bei gewissen Krankheiten, nicht. Dagegen zeigt sich die Wiedererzeugungsfähigkeit derselben auch noch in anderer als in der oben geschilderten Weise. Ausgeschnittene Oberhautstückchen nämlich ersetzen sich sehr leicht und ziemlich rasch, sobald die Lederhaut nicht verletzt ist, und zwar nicht durch unmittelbare Ablagerung von Oberhaut in die Wunde, sondern nur durch Nachwachsen der ganzen Oberhaut aus der Tiefe. Ist die Lederhaut mit verletzt, so bildet sich zwar auf der sie ersetzenden Narbensubstanz wieder eine Oberhaut, allein ohne die früheren Furchen und Erhabenheiten an der inneren und äusseren Oberfläche, weil auch die neue Cutis keine Papillen und Leistchen besitzt. Ist die Oberhaut durch scharfe Substanzen, *Tartarus stibiatus* z. B., kurze Einwirkung höherer Wärmegrade u. s. w. in Blasen abgehoben, so heilt die Wand der letzteren, welche aus der Hornschicht und einigen Zellenlagen der Schleimschicht besteht, nie mehr an, sondern es bildet sich nach und nach aus der Hauptmasse der Schleimschicht, die meist auf den Papillen liegen bleibt, eine neue Hornschicht. Pathologische Verdickungen der Epidermis sind äusserst häufig (bei Hühneraugen, Schwielen, Ichthyosis, Hauthörnern u. s. w.) und kann dieselbe in solchen Fällen eine mächtige Dicke und einen besonderen, namentlich einen mehr faserigen Bau erlangen.

Das Pigment des *Rete Malpighii* entsteht bei den gefärbten Menschenrassen wie bei den Europäern erst nach der Geburt, doch färben sich bei ersteren (Neger) die Ränder der Nägel, der Warzenhof und die Zeugungstheile schon bis zum dritten Tage und am 5. und 6. Tage verbreitet sich die Schwärze über den ganzen Körper.

Untersuchung der Haut. Zum Nachweise der Beschaffenheit der Grenzflächen von Oberhaut und Cutis dienen, wie längst bekannt, am besten macerirte Hautstücke. Ausserdem löst sich durch Kochen die Epidermis sehr leicht ab, ebenso, wo sie nicht zu dick ist, durch Maceration in Essigsäure. An solchen Präparaten kommen nicht nur die untere Fläche der Oberhaut und die Papillen des Corium aufs schönste zur Anschauung, sondern auch die Stellung und Zahl der Schweissgänge, die sich oft sehr lang aus der Cutis herausziehen und auch die Haarbälge und Talgdrüsen, vor allem der Wollhaare, von denen dasselbe gilt. An frischer Haut ist Stellung und Zahl der Papillen an Flächenschnitten schnell und leicht zu erforschen. Die Nerven studirt man an durch *Natron causticum dilutum* oder Essigsäure durchsichtig gemachten Präparaten. Für marklose Nerven empfehle ich meine sehr verdünnte Essigsäure (4—8 g tt. Acid. acet. concentratum auf 100 ccm Wasser) und für die letzten Enden überhaupt Goldchlorid nach *Löwit's*, *Golgi's* oder *Ranvier's* Angaben.

Pacini'sche Körperchen untersucht man am besten aus dem *Mesenterium* der Katze ohne alle Zusätze, dann versilbert und auch, für die Hüllen, nach Behandlung mit Essigsäure, doch sind dieselben auch beim Menschen nicht schwer zu erhalten und im Innern ziemlich klar. Schnitte durch diese Körperchen gewinnt man am besten bei Kindern an Schnitten entkalkter und erhärteter dritter Fingerglieder. Das elastische Gewebe der Haut tritt durch Essigsäure, Natron und Kali sehr schön hervor. Ausserdem kann man diese Elemente darstellen durch Eosin und nachheriger Behandlung mit konzentrirter Kalilauge, ferner durch Behandlung von Osmiumpräparaten mit Jodviolett (*Unna*) oder mit Viktoriablau B (*Lustgarten*). Am allerschönsten aber zeigen sich die elastischen Fasern in alten Flecken der Haut von Silberarbeitern (*Blaschko*) und kommt in diesem Falle in den Papillen, um die Schweissgänge, die Drüsen u. s. w. ein Reichthum an feinsten elastischen Fäserchen zum Vorschein, wie durch keine andere Methode. Nach *v. Recklinghausen* (Lymphgefässe, S. 59) färben sich auch nach dem Tode elastische Fasern manchmal durch Silber. Die glatten Muskeln der Haarbälge sieht man am besten an senkrechten und Horizontalschnitten der Kopfhaut. Die Untersuchung der Fettzellen ist besonders bei mageren Individuen lohnend, allwo man ihre Hüllen und Kerne leicht sieht; sonst stellt man erstere durch Ausziehen des Fettes mit Aether leicht dar, schwierig die Kerne, die man aber mehr zufällig hie und da auch an gefüllten Zellen sieht. Die Oberhaut muss in ihrer *Malpighi*'schen Schicht vorzüglich frisch und mit Essigsäure und verdünntem Natron auf feinen senkrechten Schnitten getrockneter Stücke erforscht werden, ferner nach Erhärtung in Alkohol, Osmium, Chromosmiumessigsäure. Das *Stratum granulosum* färbt sich leicht in *Ranvier*'schem Pikrokarmin und in Hämatoxylin. Die Hornschicht untersuche man an Schnitten erhärteter Theile. An vergoldeten Objekten sieht

man oft die Fasern in ihren Plättchen sehr schön, auch wohl die Kerne. Durch kaustische Alkalien und Säuren quellen alle Schüppchen unter Lösung ihres Inhaltes zu Blasen auf. Eine Isolirung frischer Hornschichtelemente gelingt leicht durch Wasser, verdünnte Chromsäure, *M. Schultze's* Jodserum, 1/3 Alkohol und lassen sich so auch die Stachel- oder Riffzellen für sich erhalten. Die Pigmentirungen der Epidermiszellen studirt man am besten beim Neger, die eingewanderten pigmentirten Bindegewebszellen in den Haarzwiebeln und in der Epidermis beim Rehe und Hirschen, die *Langerhans*'schen Zellen an vergoldeten Präparaten.

Litteratur der Haut. Haut und Oberhaut. *Gurlt*, Vergl. Unters. über die Haut des Menschen und der Haussäugethiere in *Müll.* Arch. 1835, p. 399; *Simon*, Ueber die Struktur der Warzen und über Pigmentbildung in der Haut, in *Müll.* Arch. 1840, p. 167; *Krause*, Artikel „Haut“ in *Wagner's* Handw. der Physiol. II, 1844, p. 127; *Kölliker*, Zur Entwickelungsgeschichte der äusseren Haut in Zeitschr. für wiss. Zool. Bd. II, p. 67; histiologische Bemerkungen ebend. Bd. II, p. 118; *K. Langer*, Zur Anatomie und Phys. der Haut im Wiener Sitzungsber. Bd. 44 und 45; *Eylandt*, De musculis organicis in cute humana obviis. Dorp. Liv. 1850; *E. Oehl*, Indagini di Anat. micr. per servire allo studio dell epidermide e della cute palmare. Milano 1857, con 8 tavole; *Leydig*, Ueber die äuss. Bedeckungen d. Säugethiere in *Müll.* Arch. 1859, p. 677; *O. Schrön*, Contrib. alla Anatomia etc. della cute umana, Torino e Firenze 1865 und in *Moleschott's* Unters. IX. p. 93; *M. Schultze* im Med. Centralblatt 1864, Nr. 12, 17; *Virchow*, Ebend. Nr. 15, 19; *M. Schultze* in *Virch.* Arch. XXX.; *G. Bizzozero* in Ann. univ. di Med. Oct. 1864; *Langerhans* in Mikr. Arch., Bd. IX 1873; *v. Biesiadecki* in Wien. Ber. 1867 (Pathologisches); *Tomsa*, Beitr. z. Anat. u. Phys. d. Haut 1873 *Stirling* in Leipz. Ber. 1875 (Cutis d. Hundes); *Unna* in Mikr. Arch., Bd. 12, 1875, Anatomie u. Phys. der Haut in *Ziemssen's* Handbuch 1883 und Fortschr. d. Haut-Anat. in den Jahren 1883—88 in Monatsh. f. pr. Dermatologie 1888; *J. Neumann*, d. Lymphgefässe d. Haut, 8 Taf., Wien 1873; *Kemy* in Journ. de l'Anat. 1878; *G. Bizzozero* in Rend. Ist. Lomb. 1870 (Stachelzellen), *Moleschott's* Unters. Bd. XI, Intern. Monatsschr. Bd. I, II; *Ranvier* in Compt. rend. 1879 und Internat. Monatsschr. Bd. III (Stachelzellen), Exposé d. ses trav. scientif. 1885, p. 60—65; *Axel Key* u. *Retzius* in Biol. Unters. 1881, 1876 schwedisch, (Saftbahnen); *Lewinski* in *His* und *Braune's* Arch. 1882 u. *Virch.* Arch. Bd. 92; *Kollmann, A.*, Der Tastapparat d. Hand 1883 u. *His* und *Braune's* Arch. 1885; *Blaschko* in *Du Bois Reymond's* Arch. 1884 und Mikr. Arch. Bd. 30; *R. y Cajal* in Internat. Monatsschr. III; *H. v. Hebra*, Mitth. d. Wien. embr. Instit. Bd. II; *Giovannini* in Arch. p. l. sc. mediche 1886 (Pathologisches, Regeneration); *Moleschott* in Arch. p. l. sc. med. Vol III (Wachsthum der Horngebilde); *Lewin* in Berl. klin. Wochenschr. 1886 (Gewebeargyrie); *Schiele, A.*, Das Glycogen in Epithelien, Bern 1880 Diss.; *Behn O.*, Die Hornschicht der menschl. Oberhaut 1887 Diss.; *Reinke* im Mikr. Arch. XXX; *Zander* in *His* u. *Braune's* Arch. 1888; *Riehl* in Zeitschr. f. kl. Med. Bd. X; *Ehrmann* in Vierteljahrsschr. f. Dermat. 1885; *Kölliker* in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 45 (Pigment); *R. v. Wild*, Einwand. v. Pigment in die äuss. Haut. Strassburg 1888 Diss.; *Karg* in *His* und *Braune's* Arch. 1888 (Pigment); *Bogoliubsky Alexandra*, Ueb. Pigmentflecken der Haut. Bern 1887 Diss; *Diesing* in *Gerlachs* Beiträgen 1884 (Arrectores); *Bonnet* im Münchener ärztl. Intelligenzblatt 1885 (Arrectores). — Nervenendigungen und Terminalkörperchen. *Wagner* in Gött. Nachr. 1852, Nr. 2; *Müll.* Arch. 1852, p. 493; *Kölliker* in Zeitschr. f. wiss. Zool. IV, p. 1 u. Bd. VIII; *G. Meissner*, Beiträge zur Anatomie u. Phys. der Haut. Leipz. 1853; *Gerlach* in Ill. med. Zeit. II. Heft 2; *Ecker*, Icon. phys. Tab. XVII; *Huxley* in Microsc. Journ. Vol. II, p. 3; *Leydig* in *Müll.* Arch. 1856; *W. Krause*, Die Terminalkörperchen der einfach sensiblen Nerven, Hannover 1860, und Anatom. Unters. 1861; *Pacini*, Nuovi Organi scoperti nel corpo umano. Pistoja 1840; *Henle* und *Kölliker*, Ueber die *Pacini*'schen Körperchen des Menschen und der Thiere. Zürich 1844; *Herbst*, Die *Pacini*'schen Körp. u. ihre Bedeutung. Gött. 1847; *Will* in Sitzungs-Ber. d. Wien. Akad. 1850; *Leydig* in Zeitschr. f. wiss. Zool. V. 75; *Kölliker*, Ibid. S. 118; *Keferstein* in Gött. Nachr. 1858, Nr. 8; *C. Lüdden* in Zeitschr. f. wiss. Zool. XII, p. 470; *J. Arnold* in *Virchow's* Arch. 24, p. 250; 27, p. 399; *W. Krause* in

Gött. Nachr. 1863, Nr. 9; *W. Engelmann* in Zeitschr. f. wiss. Zool. XIII, p. 475; *H. Hoyer* in *Müll.* Arch. 1864, p. 213; 1865, p. 207; *G. v. Ciaccio* im Med. Centralbl. 1864, Nr. 26; *A. Rauber*, *Vater*'sche Körperchen der Bänder und Periostnerven. München 1865 Diss.; *M. Szabadföldi* in *Moleschott's* Unters. Bd. IX, p. 624; *Leydig* in Mikr. Arch. Bd. IV 1868, Bd. XII 1875, Nova Acta Bd. 34 1868; *Grandry* im Journ. de l'Anat. 1869; *Eberth* in Mikr. Arch. Bd. 17, 1870; *Eimer*, Ebenda, Bd. VII 1871; *Jobert* in Ann. d. sc. nat. 1872; *Langerhans* in Mikr. Arch. 1873 Bd. IX; *Waldeyer*, Mikr. Arch. 1875 und 1879; *Schäffer* in Quart. Journ. 1875; *Merkel* in Mikr. Arch. Bd. XI 1875 und die Endig. der sens. Nerven in d. Haut d. Wirbelth. 1880; *Axel Key* u. *Retzius*, Studien in der Anatomie des Nervensystems 1876 II; *Flemming* in Mikr. Arch. Bd. XIX 1881; *Kraus* in Wien. Ber. Th. 78, 1878; *W. Krause* in Mikr. Arch. Bd. XIX; *Ranvier* in Quart. Journ. Bd. 20, 1880 und Traité technique; *Goldscheider* im Phys. Arch. 1886, S. 188 und Supplem. S. 191, 2 Tafeln; *Asp* in *Schenk's* Mittheil. N. Folge Heft I 1885 (Entw. d. Nervenendorgane). Ausserdem berücksichtige man die in § 28 und 33 citirten Arbeiten, die Litteratur über die Nerven der Haut in *Schwalbe's* Anatomie, ausserdem die path.-anat. Arbeiten über die Haut von *Simon*, *v. Bärensprung*, *Krämer*, *Unna* u. v. A. und die Abbildungen von *A. Ecker*, Icon. phys. Taf. XVI, *Berres* Taf. VI, VII, XXIV; *Arnold, J.*, Icones org. sens. Tab. XI, *Hassall*, Taf. XXIV, XXVI, XXVII, von *mir* (Mikr. Anat. Taf. I).

II. Von den Nägeln.

§ 59.

Die Nägel, *Ungues*, sind nichts als eigenthümlich umgewandelte Epidermistheile und zerfallen wie diese in zwei Lagen, in eine weiche Keimschicht und in eine Hornschicht oder den eigentlichen Nagel.

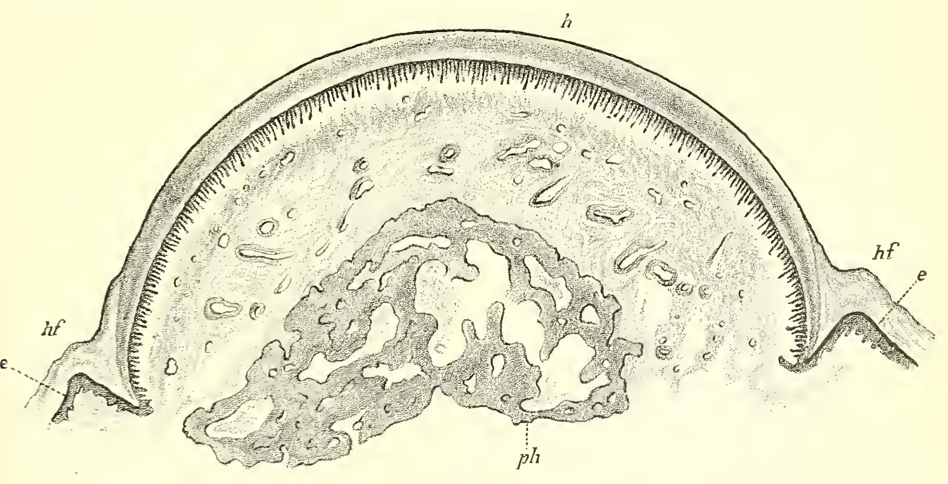
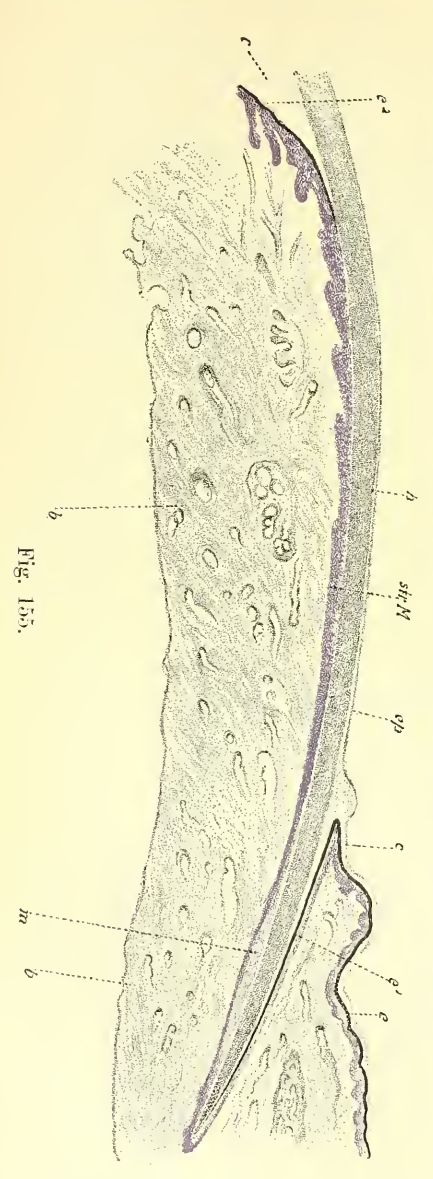


Fig. 154.

Die Lederhautstelle, auf welcher der Nagel aufsitzt, oder das Nagelbett, entspricht in ihrer Gestalt demselben genau, ist länglich viereckig, in

Fig. 154. Querschnitt durch einen Nagel eines 20jährigen. Ger. Vergr. *h* Nagel mit seinen zwei Lagen; *hf* Nagelfalz mit seiner Oberhaut; *e* Eleidinlage des *Stratum Malpighii* derselben; *ph Phalanx tertia.*

der Mitte gewölbt, nach vorn und hinten und besonders nach den Seiten sich abdachend. Der vordere und mittlere Theil des Nagelbettes liegen, wenn der Nagel sammt der Oberhaut durch Maceration oder Kochen in Wasser abgelöst ist, frei zu Tage, seine Seitenränder und sein hinterster Abschnitt dagegen sind von einem vorn niedrigen und abgerundeten, hinten scharfen und längeren Vorsprung der Cutis, dem Nagelwalle, überwölbt, der in Verbindung mit dem Nagelbette eine Falte oder Tasche, den Nagelfalz, bildet, welche die Seitenränder und mit ihrem 3, 4—7 mm tiefen, hintersten Theile die Wurzel des Nagels aufnimmt.



Das Nagelbett besitzt an seiner Oberfläche eigenthümliche, denen der Handfläche und Fussohle ähnliche nur schmälere Leistchen von 0,016 — 0,16 — 0,2 mm (Fig. 154). Dieselben beginnen am Grunde des Falzes am hinteren Rande des Nagelbettes und gehen fast wie von einem Punkte von der Mitte desselben aus. Die mittleren ziehen gerade nach vorn, die seitlichen beschreiben zuerst einen Bogen, der um so stärker ist, je weiter nach aussen die Leistchen liegen, und wenden sich dann ebenfalls nach vorn. In einer Entfernung von 5,6—7,8 mm von ihrem Ursprunge werden dieselben alle auf einmal höher und vorspringender und gestalten sich zu wirklichen Blättern von 0,056 bis 0,22 mm Höhe, die geraden Weges bis fast zum vordersten Rande des Nagelbettes verlaufen und dann wie abgeschnitten enden. Die Grenze zwischen den Leistchen und Blättern hat die Gestalt einer nach vorn gebogenen Linie, die das Nagelbett in zwei auch durch Färbung und Grösse verschiedene Abschnitte theilt, von denen der hintere, kleinere, grösstentheils vom Nagelwalle bedeckte und blassere die Nagelwurzel, der vordere, grössere und röthlich gefärbte

Fig. 155. Sagittalschnitt eines Nagels. *h* Nagel, *ep* Eponychium, *e* Oberhaut und Eleidinlage des Nagelwalles, e^1 dieselbe vom Nagelfalze, *m* Matrix des Nagels, e^2 Eleidinlage und Oberhaut unter dem vorderen Rande des Nagels, *b* schief nach hinten verlaufende Bindegewebsbündel der Cutis des Nagelbettes von der Beinhaut der Phalanx III ausgehend, *c Stratum corneum*, *strM Str. Malpighii* des Nagels.

den Nagelkörper aufnimmt. Leistchen und Blätter des Nagelbettes, deren Zahl von 100 bis zu 200 und 300 und darüber geht und die mancherlei minderwichtige Abweichungen, wie Theilungen, verschieden langen Verlauf, zeigen, sind an ihrem Rande entweder gerade oder wellenförmig gebogen oder mit Einer Reihe kurzer nach vorn gerichteter, verschieden weit von einander abstehender Papillen von 18—36 μ besetzt. Ausserdem zeigen sich im Grunde des Nagelfalzes häufig einige quere Falten mit stärkeren, nach vorn gerichteten Papillen von 0,16 – 0,22 mm oder frei stehende solche Papillen in einigen Querreihen, ferner vorn, wo die Blätter aufhören, ebenfalls lange, einzeln stehende Papillen. Am Nagel der kleinen Zehe stehen die Papillen häufig nicht auf Leistchen, sondern mehr zerstreut. Der Nagelwall besitzt auf seiner unteren Fläche keine Leistchen und selten hie und da eine Papille. Diese beginnen wieder ziemlich lang an seinem Rande und gehen von da auf seine obere Fläche über, welche in Nichts von der Cutis des Rückens der Finger und Zehen verschieden ist.

Die Lederhaut des Nagelwalles und Nagelbettes ist derb, auch in der Tiefe fettarm oder ganz ohne Fett und in den Leisten und Blättern wie in den Papillen reich an feinen elastischen Fasern. Bemerkenswerth ist die Verbindung des Nagelbettes mit der Beinhaut der Phalanx III (Fig. 155, 156). Von dem distalen Ende des Knochens und von seiner dorsalen Fläche strahlen an Sagittalschnitten eine grosse Anzahl von Bindegewebsbündeln, die ich *retinacula unguium* heisse, z. Th. aufwärts, z. Th. rückwärts bis in die Gegend des Nagelfalzes in die oberflächlichsten Theile des Nagelbettes aus, welche eine um so innigere Verbindung desselben mit dem Knochen herstellen, als alle dorsalen Bündel unter rechten oder spitzen Winkeln auf den Knochen aufstossen und in *Sharpey*'sche Fasern des Knochens sich fortsetzen. An Querschnitten, die das 3. Fingerglied vor dem Nagelfalze treffen, sieht man diese *Retinacula* ebenfalls sehr schön und gehen dieselben von der ganzen dorsalen Fläche der Phalanx in Gestalt einer Menge stärkerer und schwächerer Pfeiler aus, die im Aufwärtssteigen gegen das Nagelbett pinselförmig sich ausbreiten und dicht unter dem Nagel zu einem dichten Filze sich verflechten, dem auch longitudinale und transversale Faserzüge sich beimengen. Die Mächtigkeit dieses Flechtwerkes, welches die Blätter des Nagelbettes trägt,

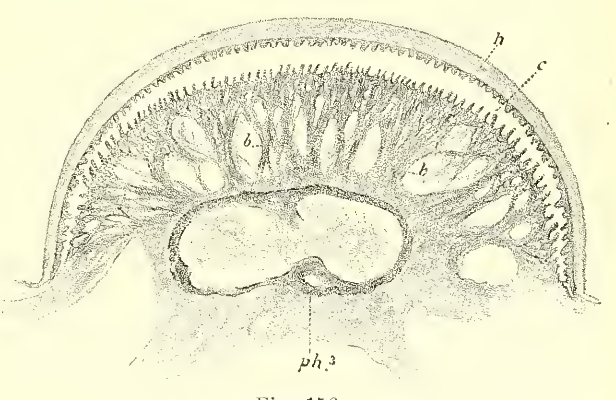


Fig. 156.

Fig. 156. Theil des Nagelgliedes und Nagels eines Kindes quer. Ger. Vergr. *h* Nagel mit den Blättern seines *Str. Malpighii*. *c* Cutisblätter des Nagelbettes, ph^3 Phalanx III. *b* Bindegewebsbalken vom *Periost* zum Nagelbette ausstrahlend.

geht von 0,3—0,4 mm, während die Bündel, die in dasselbe ausstrahlen (die *Retinacula*) 0,14—0,3—0,4 mm messen. Die zwischen denselben befindlichen grösseren Lücken enthalten die Blutgefässe und Nerven des Nagels, umgeben von mehr lockerem Bindegewebe.

Während so das Nagelbett unter dem Nagelkörper aufs innigste mit den tieferen Theilen verbunden ist, ergiebt sich der Zusammenhang zwischen dem Nagelfalze und der Epiphyse der Phalanx III als ein sehr loser, obschon beide Theile einander sehr nahe liegen, und wird nur durch ein loses, an elastischen Fasern und Gefässen reiches Gewebe unterhalten. Weiter vorn dagegen zweigen sich immer noch im Bereiche des Falzes von der Beinhaut longitudinal verlaufende Elemente ab, die distalwärts und schwach gegen das Nagelbett aufsteigend verlaufen und mit der *Retinacula* sich kreuzen. Die Lederhaut des Nagelfalzes selbst ist ausgezeichnet durch die grosse Menge von querverlaufenden gröberen und feineren Bündeln, die z. Th. fast unvermengt mit anderen Elementen vorkommen, z. Th. in ein feines Netz in allen Richtungen verlaufender Bindegewebsbündelchen eingesprengt sind. Viele quere Bündel finden sich auch in der Haut der Rückseite des 3. Fingergliedes.

Die Gefässe sind besonders im vorderen Abschnitte des Nagelbettes vor der *Lunula* zahlreich, hinten, wo die Nagelwurzel aufliegt, spärlicher. Ihre grösseren Stämme dringen aus der Tiefe gegen das Nagelbett empor und verlaufen an der Basis der Blätter desselben vorwiegend longitudinal z. Th. auch quer. Die feinsten Aeste von 11—18 μ dringen in die Blätter, verlaufen am Rande derselben wellenförmig gebogen und von Stelle zu Stelle Aestchen in die Tiefe sendend. Wo Papillen da sind, bilden die Kapillaren in denselben Schlingen, so dass ein Gefässchen oft mehrere Wärzchen versorgt. Ganz ausnehmend entwickelt sind diese Schlingen in den grossen Papillen am hinteren und vorderen Ende des Nagelbettes, in denen viele korkzieherartig gewundene Gefässchen und auch Nebenschleifen sich finden.

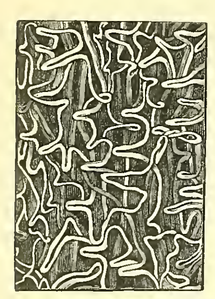


Fig. 157.

Lymphgefässe hat *Teichmann* im Nagelbette gefunden, doch ist ihr näheres Verhalten unbekannt.

Nervenstämmchen mit dunkelrandigen Fasern finden sich im subcutanen Gewebe des Nagelbettes in einer gewissen Zahl, doch ist ihr genaueres Verhalten nicht erforscht. Nach *W. Krause* dringen einzelne derselben in die Leistchen und endigen mit Tastkörperchen, die zu sehen mir noch nicht gelang. Nach *Biesiadecki* werden diese Nerven in der Lederhaut des Nagelbettes marklos, von welchen Fasern in einem Falle Eine bis an die Oberfläche des Corium sich verfolgen liess. Die geringe Empfindlichkeit des Nagels beim Drucke und das stumpfe Tastgefühl desselben beweist wohl sicher, dass die Zahl der Nerven des Nagelbettes viel geringer ist als in der umgebenden Haut.

Am Nagel selbst unterscheidet man die Wurzel, den Körper und den freien Rand (Fig. 155). Die weichere Wurzel (Fig. 155 *m*) entspricht in ihrer Ausdehnung dem hinteren Leistchen tragenden Theile des Nagelbettes,

Fig. 157. Kapillaren des Nagelbettes nach *Berres*.

steckt entweder ganz im Nagelfalze oder liegt — manchmal nur am Daumen und der grossen Zehe, andere Male an den drei ersten, ja selbst an allen Fingern (Zehen) — mit einer verschieden grossen, halbmondförmigen Stelle, dem Möndchen (*Lunula*), frei zu Tage. Ihr hinterer Rand ist zugeschärft, leicht aufwärts gebogen und der dünnste und zugleich biegsamste Theil des Nagels. Der von hinten nach vorn an Breite zunehmende harte Körper liegt mit seiner oberen Fläche grösstentheils frei zu Tage, mit den zugeschärften dünnen und weichen Rändern in den Seitentheilen des Nagelfalzes und mit der unteren Fläche auf dem vorderen Abschnitte des Nagelbettes; der freie Rand endlich ist an beschnittenen Nägeln gerade nach vorn gerichtet, soll dagegen im entgegengesetzten Falle sich um die Fingerbeere nach unten krümmen und mit dem übrigen Nagel zusammen eine Länge von 5 cm erreichen.

Die untere Fläche des Nagelkörpers und der Wurzel entspricht in ihrer Gestalt genau dem Nagelbette und es finden sich daher an derselben ebenfalls Blätter und Leistchen, sowie Furchen in ähnlicher Anordnung wie auf dem Nagelbette, nur ist der Rand der Blätter hier nicht mit Papillen besetzt, sondern geradlinig, dagegen die Furchen statt wie am Nagelbette mit ebenem Grunde, zur Aufnahme der Papillen mit Grübchen versehen. Indem die beiderseitigen Erhabenheiten und Vertiefungen ineinandergreifen, wird eine innige Verbindung des Nagels mit der Cutis hervorgebracht, die dadurch noch fester wird, dass auch der Nagelwall mit seiner unteren Fläche sich auf die Ränder des Nagelkörpers und auf die Wurzel auflegt und mit seiner Hornschicht auf den Nagel übergeht.

Die Farbe des Nagels ist, so lange derselbe in seiner natürlichen Lage sich befindet, am freien Rande durchscheinend, am Körper, mit Ausnahme eines ganz schmalen, helleren Saumes dicht hinter dem Anfange des freien Randes, röthlich, an der *Lunula* weisslich, welche zwei letzteren Färbungen grösstentheils von der durch den Nagel durchschimmernden Lederhaut und ihren Blutgefässen herrühren. Von der Epidermis und Cutis getrennt ist der Nagel ziemlich gleichmässig weisslich durchscheinend, jedoch an der Wurzel ebenfalls etwas weisslicher als am Körper, welche Färbung von der Matrix derselben abhängt (S. unten).

§ 60.

Theile des Nagels. Beziehungen desselben zur Oberhaut. Der Nagel besteht aus einer harten, verhornten Lage, dem eigentlichen Nagel, und einer weichen, tieferen Schicht, welche als die Bildungsstätte des ersteren anzusehen ist und somit als Keimschicht desselben oder als *Matrix unguis* bezeichnet werden kann. Diese Schicht bekleidet die ganze untere Fläche der Nagelwurzel und den freien Rand derselben und zieht sich manchmal noch eine kleine Strecke weit auf die obere Seite der Wurzel fort. Als Ganzes aufgefasst bildet dieselbe eine in der Mitte dickere, linsenförmige Platte von der Ausdehnung der Nagelwurzel, die nach vorn in der Gegend der *Lunula* und ebenso am hinteren Rande und an den Seitenrändern der Nagelwurzel zugeschärft endet. An den letztgenannten Stellen geht die Nagelmatrix ohne scharfe Grenze in die Keimschicht des Nagelwalles über und an der *Lunula* in die *Malpighi*'sche Lage des Nagelbettes, welche früher auch

als Matrix des Nagels angesehen wurde. Am Nagelwalle d. h. im Nagelfalze belegt sich die *Malpighi*'sche Lage bald mit einem *Stratum corneum*, welches dann unmittelbar auf die Wurzel des eigentlichen Nagels sich anlegt und als dünne Schicht (Deckhäutchen, *Eponychium*) noch über den Nagelwall hinaus auf den freien Theil des Nagels übergeht und denselben oft bis zur Mitte und darüber hinaus bekleidet (Fig. 155). In derselben Weise zieht die Hornschicht der Fingerbeere noch eine Strecke weit auf die untere Seite des Nagelkörpers fort. Immerhin ist die *Malpighi*'sche Lage des Nagelbettes grösstentheils ohne Hornschicht, grenzt an den Nagelkörper und scheint einen Theil desselben auszumachen, ohne genetisch zu demselben zu gehören und mehr als die Bedeutung einer Nagelscheide zu besitzen. Behufs der Erleichterung des Verständnisses soll die die Nagelwurzel und den Nagelkörper bedeckende Oberhautlage *Eponychium*, diejenige welche der unteren Fläche des Nagelkörpers anliegt *Hyponychium* und das Ganze der angrenzenden Oberhaut *Perionychium* genannt werden.

Der Nagel und seine Keimschicht lassen sich ersterer mit dem verhornten Haare, letztere mit der Haarzwiebel vergleichen. Der am Wachsthume des Haares nicht betheiligten äusseren Wurzelscheide ist das *Stratum Malpighii* unter dem Nagelkörper und eine nicht immer vorhandene kleine Stelle dieser Lage an der oberen Seite der Nagelwurzel zu vergleichen. Eine innere Wurzelscheide fehlt am Nagel. Der mit einer Hornschicht versehenen Epidermis am Eingange des Haarbalges entspricht die Epidermis unter dem freien Rande des Nagels (*Hyponychium*) und diejenige an der Decke des Nagelfalzes, soweit dieselbe ein *Stratum corneum* hat und die auf dem Nagel selbst (*Eponychium*). Wäre der Nagelfalz ein cylindrischer Hohlraum und das Nagelbett an der Wurzel warzenförmig erhoben, so würde der Nagel in der Gestalt einer Kralle auftreten und, abgesehen von seiner Struktur, dem Haare auch in der Form ähnlich sehen.

§ 61.

Bau des Nagels. Die Keimschicht oder *Matrix* des Nagels zeigt im Wesentlichen denselben Bau wie das *Stratum Malpighii* der Oberhaut und besteht in der Tiefe aus cylindrischen, in den oberen Lagen aus polygonalen, mässig abgeplatteten, kernhaltigen Elementen, welche alle mit Stacheln oder Riffen besetzt sind, deren Zahl bei den oberen Elementen namentlich eine so reichliche ist, dass dieselben bei auffallendem Lichte weisslich, bei durchfallendem gelblich oder gelbbräunlich erscheinen, was zur fälschlichen Annahme eines in diesen Zellen vorhandenen körnigen Pigmentes (*Onychin, Ranvier*) geführt hat. Beim Neger dagegen ist nach *Béclard* die Matrix des Nagels schwarz und nach *Krause* sollen die Zellen hier dunkelbraune Kerne enthalten, sowie gelbbräunliche bei brünetten Europäern.

Die Dicke der Matrix beträgt an der dicksten Stelle an den Leistchen gemessen von 0,08—0,28 mm und steigt und fällt mit der Dicke des Nagels. So betrug bei Nägeln von 0,34, 0,45, 0,48 mm Dicke das Maximum der Dicke der Matrix 0,085; 0,11; 0,28 mm.

Die Hornschicht des Nagels oder die eigentliche Nagelsubstanz (Fig. 158 *m*, 159 *c*) ist an ihrer unteren Fläche an der Wurzel zu hinterst ganz eben, weiter nach vorn zeigt dieselbe scharfe, durch breite

Furchen geschiedene Leistchen, die in Furchen der Nagelmatrix und des *Rete Malpighii* des Nagelkörpers eingreifen. Diese Leistchen der eigentlichen Nagelsubstanz zeigen sich an Querschnitten (Fig. 159) als spitze Zacken von 22 bis 45 μ Länge, die in der Regel an den Rändern des Nagels am stärksten bis zu 90 — 140 μ entwickelt sind und in ihrer Zahl genau den weichen Epidermisblättern der unteren Seite des Nagels entsprechen. Die obere Seite des Nagels ist häufig ganz eben, doch finden sich auch hier von der Wurzel an in gewissen Fällen recht deutliche, gleichlaufende, manchmal unterbrochene Längsstreifen oder Riffe, die von den in Längsreihen stehenden Papillen des hintersten Endes des Nagelbettes herrühren und, wenn ausgeprägter, mit einem eigenthümlichen Baue des Nagels zusammenhängen (Siehe unten). Noch grössere Abweichungen vom Normalen sind Querleistchen an der oberen Fläche des Nagels, die von einer besonderen Schichtung der Nagelsubstanz abhängen.

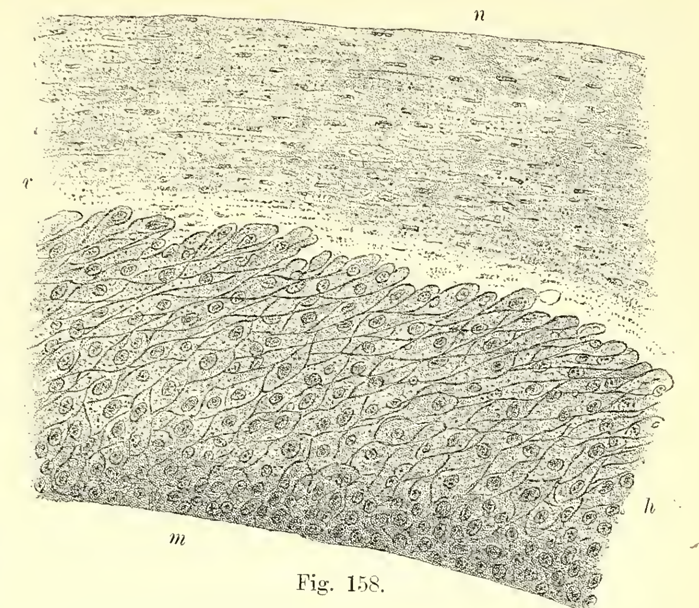


Fig. 158.

Die Dicke des eigentlichen Nagels nimmt vom hintern Wurzelende bis zum Rande der *Lunula* zu und bleibt am Körper in der Regel gleich stark. Doch

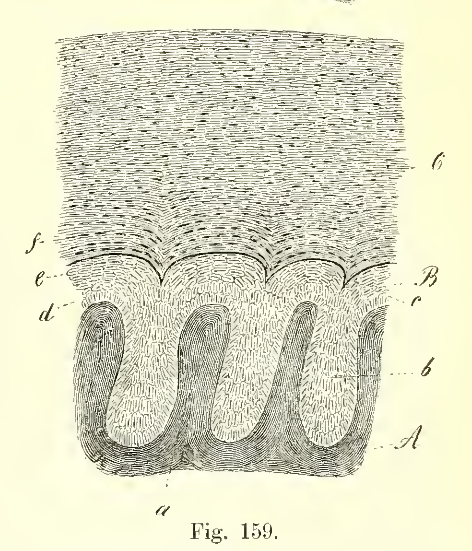


Fig. 159.

Fig. 158. Senkrechter Längsschnitt durch die Matrix des Nagels *m* und die angrenzenden Theile der Hornschicht desselben *n*, *h* hintere, *v* vordere Theile. St. vergr.

Fig. 159. Querschnitt durch den Nagelkörper. 350 Mal vergr. *A* Cutis des Nagelbettes, *B* Keimschicht des Nagels, *C* Hornschicht desselben oder eigentliche Nagelsubstanz. *a* Blätter des Nagelbettes, *b* Blätter des *Stratum Malpighii* des Nagels, *c* Leistchen der eigentlichen Nagelsubstanz, *d* tiefste senkrecht stehende Zellen der Keimschicht des Nagels, *e* obere platte Zellen derselben, *f* Kerne der eigentlichen Nagelsubstanz.

kommt hie und da auch eine geringe Dickenzunahme vor der *Lunula* vor, andere Male ein Wechsel von dickeren und dünneren Theilen. Auch im Querdurchmesser ist, mit Ausnahme des hinteren Wurzelrandes, die Nagelsubstanz nicht überall gleich dick, verdünnt sich vielmehr gegen die Ränder zu und läuft endlich ganz scharf aus. Die grösste Dicke der menschlichen Nägel ist an Hand und Fuss, an den einzelnen Fingern und Zehen und nach dem Geschlechte und der Individualität verschieden. Als Mittel kann für den Daumen 0,50 bis 0,60 mm, für den kleinen Finger 0,35 — 0,40 mm angenommen werden, während die Extreme 0,30 und 0,90 betragen. Den dicksten Nagel hat die grosse Zehe von Männern reifen Alters, die dünnsten die kleinen Finger und Zehen von Frauen.

Den Bau der eigentlichen Nagelsubstanz anlangend, besteht dieselbe, wie senkrechte und Flächenschnitte frischer Nägel nach Zusatz von kaustischen Alkalien, Mineralsäuren und Essigsäure lehren, durch welche die Nagelzellen aufquellen und bei Anwendung von Wärme auch sich isoliren (Fig. 160), aus fest vereinigten, nicht scharf von einander geschiedenen Blättern und jedes Blatt aus Lagen kernhaltiger, vieleckiger, platter Schüppchen oder Plättchen, die denen der Hornschicht der Oberhaut, abgesehen davon, dass sie viel deutlichere, in Natron und Essigsäure leicht darzustellende Kerne besitzen, sehr gleichen und in den untersten Lagen dicker und im Umfange etwas kleiner sind, als in den oberen Schichten. Wie bei den Hornschichtplättchen, so findet man auch an den Nagelschüppchen ganz deutliche Reste der Stacheln oder Riffe ihrer Bildungszellen und erkennt deren Anzeichen nicht nur an den aufgequollenen, sondern auch an den unveränderten Elementen, die auch ihre Grenzlinien und ihre Kerne, letztere meist wie kleine Hohlräume, erkennen lassen.

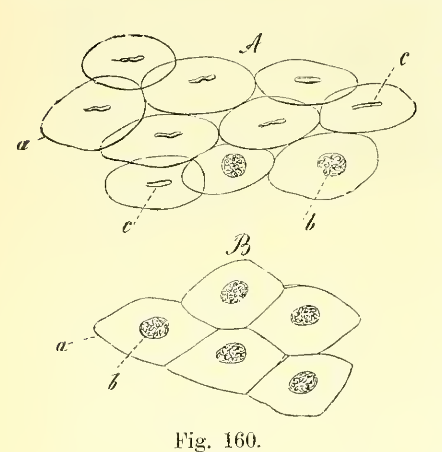


Fig. 160.

Eine besondere Erscheinung ist das Auftreten von L u f t in der eigentlichen Nagelsubstanz. Dieselbe findet sich besonders in den mittleren Lagen derselben in Gestalt grösserer oder kleinerer Bläschen, die vor allem in den Intercellularräumen ihren Sitz haben, aber auch im Innern der Nagelplättchen vorkommen. Letzteres ist sicher der Fall bei den w e i s s e n F l e c k e n, die oft in grösserer Ausdehnung vorkommen und von ausgedehnten Luftanhäufungen in den Nagelschüppchen herrühren, die meist einen dünnen Zug im Innern des Nagels darstellen. Treibt man an solchen Flecken die Luft durch Kali aus, so ergeben sich die Nagelschüppchen dieser Stellen feinkörnig und zeigen statt der Kerne ein oder mehrere grössere fettähnliche Körner.

Fig. 160. Nagelplättchen mit Natron gekocht, 350 Mal vergr. *A* Von der Seite. *B* von der Fläche, *a* Hüllen der aufgequollenen Nagelelemente, *b* Kerne derselben von der Fläche, *c* dieselben von der Seite.

Als mittlere Grösse der Nagelschüppchen kann die von 27—36 μ angenommen werden, die beim Zusatze der sonst wenig einwirkenden Schwefelsäure und im Anfange der Einwirkung von Kali und Natron sich zeigt.

Die Anordnung der Nagelblätter anlangend, so schloss *Virchow* aus dem Verlaufe derselben an krankhaft verdickten (gryphotischen) Nägeln, dass dieselben dachziegelförmig sich decken in der Art, dass die Blätter schief von der dorsalen nach der volaren Seite verlaufen und der distale Rand eines Blattes immer den entsprechenden Rand des nächstfolgenden proximalen Blattes etwas überragt und bedeckt. An normalen Nägeln findet sich eine solche Schichtung in den tieferen Theilen der Nägel mehr weniger ausgesprochen. Die oberflächlichen Lagen dagegen verlaufen mehr wagerecht oder selbst schwach schief aufsteigend. Eine ganz besondere Anordnung der Lamellen findet sich in den oben erwähnten Riffen, die an der freien Fläche mancher Nägel zu sehen sind, indem hier eine gewisse Zahl Lamellen, konzentrisch verlaufend, säulenförmige Stränge bilden, die bis zu den langen, vorwärts geneigten Papillen des hintersten Endes des Nagelbettes führen und allem Anscheine nach oberflächlich in der ganzen Länge des Nagels verlaufen. Solche Säulen, die den Hornsäulen anderer dicker Epidermisbildungen (Hufe, Walfischhaut und Barten u. s. w.) entsprechen, finden sich übrigens nicht nur in der Nähe der freien Nageloberfläche, sondern hie und da auch im Innern desselben, über deren Verlauf ich für einmal keine weitere Auskunft geben kann.

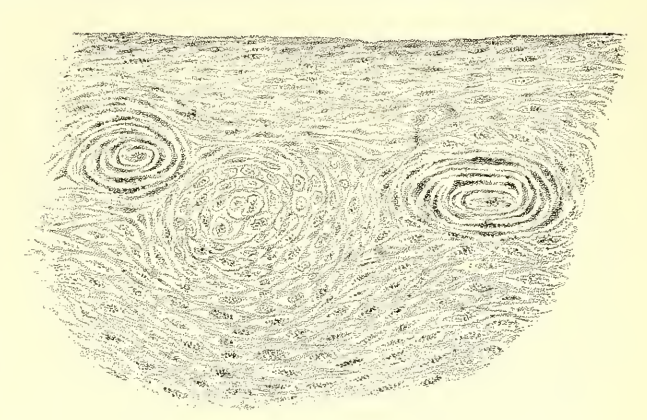


Fig. 161.

Die den Nagel sammt seiner Matrix nach Art einer Scheide umgebende Oberhaut, das *Perionychium*, zeigt im Baue nicht viel Bemerkenswerthes. Das *Stratum Malpighii* zeigt unterhalb des Nagelkörpers in seinen Blättern den typischen Bau, nur dass hier die verlängerten cylindrischen Zellen mehrere Lagen übereinander bilden, ein Verhalten, das nur an gewissen Orten vorkommt (S. St. 191) und Querschnitten der Blätter ein zierliches gestreiftes Ansehen verleiht. Die an den Nagelkörper angrenzenden abgeplatteten Zellen dieser Blätter sind meist sehr scharf von der eigentlichen Nagelsubstanz geschieden, doch sind an den Stellen, wo der harte Nagel an seiner unteren Fläche Leisten darbietet, wie Uebergänge der beiden Lagen vorhanden.

An der unteren Fläche des Nagelwalles und unter dem freien Rande des

Fig. 161. Von der Oberfläche eines gerippten Nagels, senkrechter Querschnitt mit drei konzentrisch geschichteten Säulchen von Nagelplättchen. Stärkere Vergr.

Nagels, begrenzt die Oberhaut mit ihren beiden Schichten den Nagel, d. h. es geht hier die Hornschicht derselben einerseits auf die Nagelwurzel über (*Eponychium*) und stösst andererseits an die untere Fläche des Nagelrandes *Hyponychium*). In dieser ganzen Ausdehnung besitzt die Oberhaut ein *Stratum granulosum* mit *Eleidin*-Körnern und geht diese Lage somit einerseits nahezu bis an den freien Rand der Wurzel, anderseits bis an das vordere Ende des Nagelkörpers.

In gewissen Fällen bilden sich runde, längliche oder birnförmige Gruppen von Zellen des *Stratum Malpighii* unterhalb des Nagelkörpers zu Hornplättchen um (*Ammon*), die selbst ganz in die Lederhaut zu liegen kommen (*Virchow*) und zur Annahme von besonderen blasigen Gebilden geführt haben, wie sie *Rainey* an der Grenze zwischen Wurzel und Körper im Nagelbette beschreibt.

Die Hornschicht der Nagelscheide zeigt an der dorsalen Seite des Nagels einen mehr weniger deutlichen Rest des fötalen *Eponychium*, und geht vor dem von blossem Auge sichtbaren Wulste mit einer dünnen Lage von 20 μ oft weit nach vorn, um endlich nur noch 10 μ stark unmerklich sich zu verlieren. Vom *Hyponychium* finden sich immer deutliche Reste an der unteren Fläche des freien Randes des Nagels und die Schicht selbst begrenzt sich oft durch einen an den fötalen Nagelwulst erinnernden Vorsprung. Mit dem Namen Primitivschicht bezeichnet *Henle* eine nicht beständige Lage, die unter dem *Eponychium* unmittelbar an den Nagel angrenzt und nach ihm durch kernhaltige Zellen sich auszeichnet, welche, bald vereinzelt, bald in ihrer Mehrzahl von *Eleidin*-Körnchen erfüllt sind. Diese Primitivschicht soll manchmal bis zum freien Rande des Nagels sich erstrecken und etwa $^1/_{10}$ der Dicke des ganzen Nagels betragen. Ich kann diese Lage nur für einen Theil des *Eponychium* oder des Nagels selbst halten und habe in dieser Gegend wohl häufig Körnchen in den Nagelplättchen gesehen, die jedoch kein *Eleidin* waren.

In den obersten, an den eigentlichen Nagel angrenzenden Elementen der Nagelmatrix und auch im *Rete Malpighii* des Nagelbettes finden sich nach *Ranvier* (Traité technique S. 886) eine grosse Menge von festen Körnchen, die in Pikrokarmin nicht roth werden, wie *Eleidin*, sondern braun und als *Substance onychogène* bezeichnet werden. Dieselben Gebilde erklärt *Waldeyer* für *Eleidin* (Festchr. f. *Henle* S. 145), obgleich schon *Heynold* angegeben hatte, dass am Nagel selbst kein *Eleidin* vorkomme, während *Henle* sich an *Ranvier* anschliesst, jedoch die *Onychin*-Substanz schon an frischen Nägeln bei durchfallendem Lichte als braun, bei auffallendem als weiss schildert und nicht erst durch *Pikrokarmin* die braune Farbe annehmen lässt. *Unna* endlich läugnet das Vorkommen von besondern Körnern in den fraglichen Zellen und behauptet, das körnige Ansehen hänge einfach von den Stacheln derselben ab. Nach meinen Erfahrungen muss ich für den Erwachsenen an *Unna* mich anschliessen und das Vorkommen einer besonderen *Substance onychogène* bestreiten, während allerdings beim Fötus in der Nagelmatrix auch körnige Zellen vorkommen, wovon unten mehr.

Bei den schwarzen Nägeln der anthropoiden Affen enthalten alle Elemente der Nagelmatrix Pigmentkörner und ausserdem finden sich zwischen den tiefsten Elementen derselben unregelmässige grössere Pigmentzellen, die vereinzelt auch in der Cutis unterhalb der Nagelwurzel vorkommen, welche Zellen unzweifelhaft, wie bei den pigmentirten Oberhäuten, als eingewanderte Bindegewebszellen anzusehen sind, die den Nagelzellen ihr Pigment liefern. Beim *Gorilla*, bei dem ich diese Verhältnisse am genauesten untersuchte, enthalten auch die Zellen der *Malpighi*'schen Lage unter dem Nagelkörper etwas Pigment, doch liessen sich hier keine Pigmentzellen nachweisen. Alle Schüppchen des eigentlichen Nagels sind beim *Gorilla* ebenfalls pigmentirt und sticht die Färbung des Nagels um so mehr ab, als die Epidermis am Nagelwalle und unter dem freien Rande desselben wenig oder gar nicht gefärbt ist.

§ 62.

Wachsthum und Bildung der Nägel. Die Nägel wachsen, so lange sie geschnitten werden, beständig fort, dagegen ist das Wachsthum derselben beschränkt, wenn dies nicht geschieht. In diesem Falle, der bei lange bettlägerigen Kranken und bei den Völkern Ostasiens zu beobachten ist, werden die Nägel 3—5 cm lang (bei den Chinesen nach *Hamilton* 5 cm) und krümmen sich um die Finger und Zehenspitzen herum.

Beim Wachsthume des Nagels verändert die Matrix derselben ihre Lage durchaus nicht und ebensowenig die denselben umhüllende Epidermis, das *Eponychium* und *Hyponychium*, wohl aber der eigentliche Nagel, der beständig nach vorn geschoben wird. Dies geschieht dadurch, dass an der unteren Fläche der Nagelwurzel und am hinteren und seitlichen Rande derselben, bei vielen Nägeln auch an einer kleinen Stelle der dorsalen Fläche der Wurzel die Zellen der Matrix fortwährend in Nagelzellen sich umwandeln, welche Umbildung einfach dadurch zu Stande kommt, dass die an die Nagelsubstanz angrenzenden Elemente immer mehr sich abplatten und zugleich in hellere, mehr gleichartige, aber immer noch kernhaltige, fest zusammenhängende Gebilde sich umwandeln, zwischen denen die früheren Intercellularräume nur noch schwach ausgeprägt sind.

Die im Grunde des Falzes und von den hintersten Theilen der Matrix gebildeten Nagelschüppchen, die der Gestalt des Falzes wegen flächenartig ausgebreitet sind und daher eine blätterige Platte darstellen, verlaufen alle in mehr wagerechten Ebenen nach vorn, wobei zu bemerken ist, dass am Wurzelrande selbst die Blätter oft wie pinselförmig nach oben, unten und hinten auseinandertreten. In einer gewissen geringen Entfernung vom Wurzelrande vermehren sich die Blätter dadurch, dass an die untere Fläche der Nagelanlage von Seiten der Matrix her neue Lamellen sich anlagern, die alle, wie die Zellen der Matrix selbst, schief nach der Volarseite und der Spitze der Fingerbeere zu verlaufen, so dass die vorderen Theile des Nagels aus horizontalen oberen und schief gestellten unteren Blättern bestehen, zwischen denen jedoch keine scharfe Grenze vorhanden ist. Am vordersten Theile der Nagelmatrix oder was dasselbe bedeutet, am vorderen Rande der *Lunula* besitzt der Nagel seine grösste Dicke und findet vor dieser Stelle keine Bildung von Nagellamellen mehr statt.

Die Nägel brauchen zum Wachsthume von der *Lunula* bis zum freien Rande an den Fingern nach *Berthold* 108—161 Tage, nach *Dufour* 121—138 Tage an den Zehen 180—300—(*Hallux*) 365 Tage. Das tägliche Wachsthum beträgt an den Fingern im Mittel 0,086 mm.

Die Entwickelung der Nägel beginnt im 3. Fötalmonate mit der Entstehung des Nagelbettes und des Nagelfalzes, die jedoch anfänglich noch von einer gewöhnlichen Oberhaut bekleidet sind. Im 4. Monate erscheint unter der aus 2—3 Zellenlagen gebildeten Hornschicht und dem *Rete Malpighii* des Nagelbettes vor dem Falze eine einfache Lage von besonderen Zellen, die dem *Eleidin* nahestehende Körner enthalten und als Bildungszellen des Nagels anzusehen sind. Diese Zellen wandeln sich von hinten nach vorn in Nagelschüppchen um und stellt die erste Nagelanlage ein mitten in der Epidermis des Nagelbettes liegendes dünnes Schüppchen dar, welches jedoch noch nicht in den

Nagelfalz eingetreten ist, sondern vor demselben seine Lage hat (Fig. 162). Indem nun unter dem hinteren Theile der Nagelanlage und hinter derselben das *Rete Malpighii* sich verdickt und nach und nach zur Matrix sich gestaltet, entwickelt dasselbe immerfort neue Körnerzellen, die wiederum in Nagelsubstanz

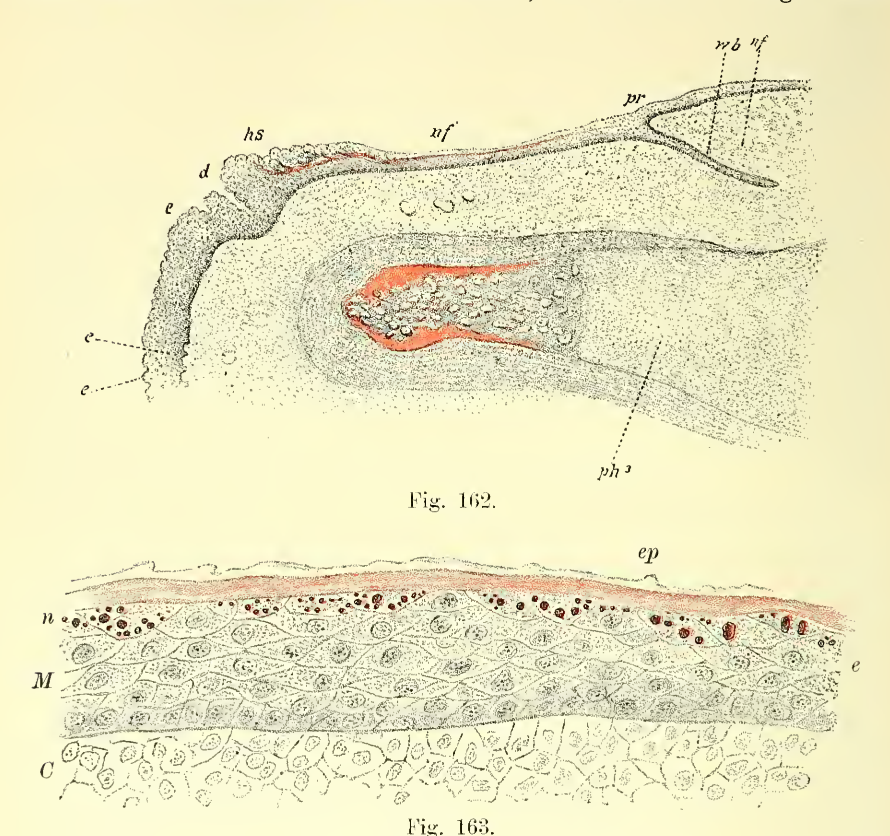


Fig. 162.

Fig. 163.

sich umwandeln. So wird das primitive Nagelschüppchen in seinem proximalen Theile immer dicker und rückt auch nach und nach in den Falz hinein. Im 6., 7. und 8. Monate dringt die Nagelwurzel endlich in den hintersten Theil des immer länger werdenden Falzes hinein und kommt auch die Matrix ganz oder fast ganz, d. h. mit Ausnahme des der *Lunula* entsprechenden Theiles derselben in den Falz zu liegen.

Auf dieses eigenthümliche Längenwachsthum des Nagels und der Verschiebung der Matrix nach hinten gleichzeitig mit einer zunehmenden Verdick-

Fig. 162. Sagittalschnitt durch den dorsalen Theil des Nagelgliedes eines menschlichen Fötus von 4 Monaten und 9,3 cm Rumpflänge, 50 Mal vergr. *ph 3* Phalanx III, *l* Leistchen der Cutis, *e* Epidermiswucherung, *ns* Nagelsaum, *d* distale Grenzfurche, *pr* proximale Grenzfurche, *nf* Nagelfeld, *wb* Wurzelblatt, *hf* hinterer Nagelfalz.

Fig. 163. Ein Theil der vorigen Figur stark vergr. *ep Eponychium*, *n* Nagelplättchen, *e* Zellen mit *Eleidin* ähnlichen Körnern als oberste Lage des *Stratum Malpighii str. M.* des Nagelbettes C.

ung des Nagels von vorn nach der Wurzel zu, folgt dann am Ende der Embryonalperiode, bald früher, bald später, so bald einmal der Nagelfalz nicht mehr wächst oder die Nagelbildung im Grunde des Falzes energischer vor sich geht, als das Wachsthum des Wurzelblattes, das typische Längenwachsthum nach vorn, in Folge dessen dann die Verschiebung der Nagelsubstanz nach vorn beginnt und der Nagel einen freien Rand erhält.

Dem Gesagten zufolge entsteht der Nagel mitten in der Oberhaut, gerade wie das Haar, und hat von Hause aus ein *Eponychium*, welches in den mittleren Fötalmonaten am schönsten zur Beobachtung kommt.

Bei Neugeborenen und Kindern aus dem 1. Jahre messen die Nägel am vorderen Rande der *Lunula* im Mittel 0,1 — 0,2 mm und besitzen meist einen langen, freien, dünnen Rand, welche Verschiedenheit in der Dicke der vorderen und hinteren Theile so lange andauert, als der Körper nicht ausgewachsen ist und von einem zeitweisen Verluste des freien Randes begleitet ist.

Die bei der Entwickelung des Nagels auftretenden Körnerzellen hat zuerst *Brooke* gesehen und *Zander* ihre rothe Färbung in Säurefuchsin nachgewiesen. Ueber weitere Einzelheiten vergl. man die Abhandlungen von *Zander*, *Gegenbaur* und *mir*.

Zur Untersuchung der Nagelzellen und Plättchen dienen vorzüglich feine Schnitte frischer Nägel mit und ohne Zuziehung von Reagentien, vor Allem Natron und Schwefelsäure, welche die Nagelplättchen aufquellen machen. Behufs der Verhältnisse der einzelnen Nageltheile zu einander und zur Oberhaut muss man durch Erweichen oder Kochen in Wasser Cutis und Nagel trennen. Man sieht alsdann, dass der Nagel mit der Oberhaut von dem Finger sich löst, und erkennt auf Quer- und Längsschnitten die Art seiner Verbindung mit demselben. Auch das Nagelbett, seine Blätter und Leisten, der Nagelfalz, die Blätter am *Stratum Malpighii* des Nagels kommen auf diese Weise leicht zur Ansicht. Da feine Schnitte an einem solchen Nagel gerade an den wichtigsten Stellen, Rand und Wurzel, nicht leicht zu machen sind, so ist es auch nöthig, frische und mit der Cutis vom Knochen gelöste und getrocknete Nägel hierzu zu benutzen, welche dann alle wünschbare Aufklärung geben, indem Schnitte von solchen in Wasser leicht aufquellen und durch Essigsäure und Natron den Bau ihrer verschiedenen Schichten aufs Deutlichste offenbaren. Noch besser sind Durchschnitte durch ganze 3. Phalangen, deren Knochen erweicht wurden. Bei Embryonen geben solche Durchschnitte sehr zierliche Bilder, namentlich wenn die *Eleidin*-Körner des Nagelbettes durch Säurefuchsin nach *Weigert* gefärbt wurden (*Zander*).

Litteratur der Nägel. *A. Lauth*, Sur la disposition des ongles et des poils. Mém. de la soc. d'hist. nat. de Strassbourg 1830. 4; *Gurlt*, Ueber die hornigen Gebilde des Menschen und der Haussäugethiere. *Müll.* Arch. 1836, S. 262; *Reichert*, in *Müll.* Arch. 1841, 1851 und 52 Jahresbericht; *O. Kohlrausch*, Rezension von *Henle*'s allgem. Anatomie in Göttinger Anzeigen 1843. S. 24; *Rainey*, on the structure and formation of the nails of the fingers and toes in Transact. of the microsc. Society. March. 1849; *Berthold*, Beobachtungen über das quantitative Verhältniss der Nagel- und Haarbildung beim Menschen in *Müll.* Arch. 1850; *R. Wagner*, in *Müll.* Arch. 1852. S. 500. Taf. XIII. Fig. 1; *Virchow*, zur normal. und path. Anat. der Nägel und der Oberhaut in Würz. Verh. V. S. 86; *Henle*, in s. Splanchnologie 1862. *Siedamgrotzky*, ü. d. Hornscheiden d. Wiederkäuer u. Krallen d. Fleischfr., Dresden 1871; *H. Heynold*, in *Virch.* Arch. Bd. 65. 1875; *Arloing*, Poils et ongles. Paris 1880; *Renaut*, in Ann. d. dermatologie X. 1879; *H. Hebra* in Wien. med. Jahrb. 1880; *Zabludowski*, in *Schenk's* Mitth. II,1 1880 (Vogelschnabel u. Säugethierklaue. *Unna*. in Vierteljahrschr. f. Dermat. 1881, 1882. (Pathologisches); *Brooke*, in *Schenk's* Mitth. II,3, 1883; *Suchard*. Arch. d. physiol. 1882; *Boas, J. E. V.* in Morph. Jahrb. IX. 1884: *J. Henle*, das Wachsthum des menschl. Nagels und des Pferdehufes

in Göttinger Abh. 1884; *C. Gegenbaur*, im Morph. Jahrb. X. 1885; *Zander*, in *His* und *Braune's* Arch. 1884 u. 1886; *Kölliker*, in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 47; *Guldberg*, in Monatschr. f. prakt. Dermat. IV. 1885.

Ausserdem vergleiche man die bei der Haut citirten Arbeiten, besonders die von *Unna*.

III. Von den Haaren.

§ 63.

Die Haare, *Pili*, sind fadenförmige, in ihrem Baue der Hornschicht der Oberhaut verwandte Gebilde, die in besonderen Einstülpungen der Lederhaut, den Haarbälgen, wurzeln und fast über die ganze Oberfläche des Körpers sich verbreiten.

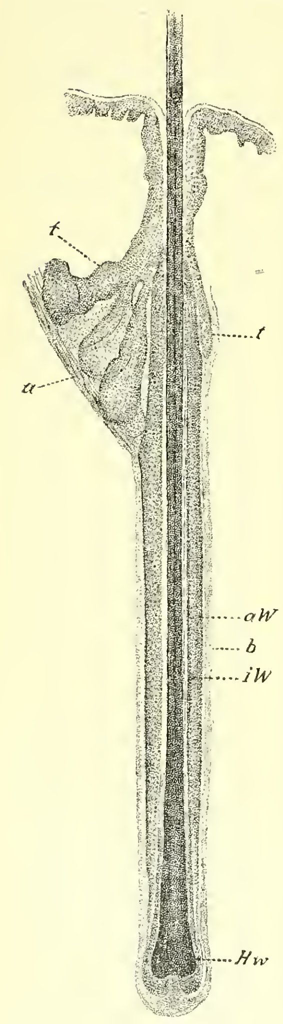
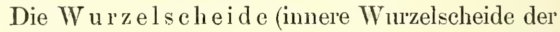


Fig. 164.

An jedem Haare unterscheidet man das eigentliche Haar und die Wurzelscheide. An dem ersteren trennt man den freien Theil, Schaft, *Scapus*, mit der verdünnten Spitze von dem im Balge eingeschlossenen, der Wurzel, *Radix*. Jener ist in der Regel bei schlichten Haaren gerade und im Querschnitte kreisförmig, bei gelockten wellenförmig gebogen und etwas abgeplattet, bei krausen und wolligen Haaren schraubenförmig gedreht und ganz platt oder leicht gerippt. Die Wurzel ist fast immer gerade, ziemlich drehrund und in ihren unteren Theilen weicher und dicker als der Schaft. Sie endet bei lebenskräftigen, eines Wachsthums fähigen Haaren mit einer noch weicheren, den Schaft $1\frac{1}{2}$ — 3 Mal an Dicke übertreffenden, knopfförmigen Anschwellung, dem Haarknopfe, Haarkeime oder der Haarzwiebel *Bulbus pili* (*Hw*), die hutförmig auf einem papillenartigen Fortsatze des Balges, auf der Haarpapille, *Papilla pili*, aufsitzt oder mit anderen Worten dieselbe in eine Aushöhlung ihrer Basis aufnimmt. Haben dagegen die Haare das Vermögen zu wachsen, eingebüsst und sind dieselben dem Ausfallen nahe, so entbehren dieselben einer weichen Zwiebel, sind vielmehr bis zum untersten Ende verhornt und stecken mit diesem Hornknopfe in einer weichen Zellenmasse drin, die z. Th. von dem untersten Abschnitte der Haarzwiebel, z. Th. von der Oberhaut des Haarbalges abstammt. Solche Haare sitzen auch nicht mehr auf einer Papille und können unter dem Namen Knopfhaare oder Kolbenhaare als Altersstadium den Zwiebelhaaren oder Papillenhaaren angereiht werden.



Die Wurzelscheide (innere Wurzelscheide der

Fig. 164. Ein Haar mit Balg und Talgdrüsen. Ger. Vergr. *Hw* Haarzwiebel. *b* Haarbalg, *t* Talgdrüse, *a* *Arrector*, *aW* Oberhaut d. Haarbalges, *iW* Wurzelscheide.

Autoren) ist eine helle, dünne, die Haarwurzel bis zur Höhe der Talgdrüsen umgebende Lage (Fig. 164, *iW*), welche beim Fötus mit dem Haare aus der Tiefe der Haaranlage sich entwickelt und beim Erwachsenen mit dem Haare wächst.

Die Haarbälge sind gewöhnlich dicht unter dem Ansatze der Talgdrüsen oder in der Gegend dieser am schmälsten, verbreitern sich nach unten besonders am Ansatze der *Arrectores pilorum*, zeigen nochmals eine schmälere Stelle über der Haarzwiebel und sind in der Gegend dieser am breitesten. Ueber den Talgdrüsen erweitern sich dieselben bis zur Mündung.

§ 64.

Vorkommen und Grösse der Haare. Die Haare sind fast über den ganzen Körper verbreitet, zeigen jedoch in Bezug auf Grösse und Zahl sehr bedeutende Verschiedenheiten, je nach Ort, körperlichen Eigenschaften, Alter, Geschlecht und Rasse. Erstere anlangend so lassen sich, abgesehen von vielen Uebergängen, dreierlei Abarten derselben annehmen: 1. Langhaare, weichere Haare von 5 cm bis 1 M und mehr Länge, 50—110 μ Dicke (Kopfhaare, Barthaare, Haare der Achselhöhle, der Geschlechtstheile, der Brust), 2. Borstenhaare, kurze, starre, dickere Haare von 0,6—1,3 cm Länge und 50—120 μ Dicke (Haare der Augenbrauen, der Augenlidränder (*Cilia*), des Naseneinganges (*Vibrissae*), des äusseren Gehörganges), 3. Wollhaare, *Lanugo*, sehr kurze, äusserst feine Härchen von 2—14 mm Länge, 13—22 μ Dicke (Härchen im Gesicht, am Rumpfe und den Gliedern, an der *Caruncula lacrymalis*, den *Labia minora*).

Die Haare stehen entweder einzeln oder in Gruppen von zwei, drei, selbst vieren und fünfen beisammen. Letzteres ist beim Fötus Regel, kommt aber auch beim Erwachsenen an manchen Wollhaaren, vor Allem aber an den Kopfhaaren vor (Figur 165). An diesem Orte münden die 3—5 beisammenstehenden Haarbälge, indem sie oben verschmelzen, mit einer einzigen Oeffnung aus und geben daher Flächenschnitte in verschiedenen Höhen sehr verschiedene Bilder, wie die Fig. 165 lehrt. Ganz in der Tiefe im subcutanen Fette stehen die Haarbälge vereinzelt. In der Lederhaut werden sie gruppenweise mit den dazu gehörigen Talgdrüsen und mit Schweissdrüsen und den *Arrectores pilorum* von derben Bindegewebszügen zusammengefasst und ganz an der Oberfläche verschmelzen nach und nach die Haarbälge, während die Schweissgänge und *Arrectores* nun für sich verlaufen.

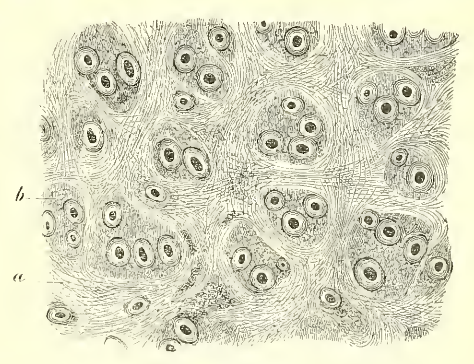


Fig. 165.

Einzeln stehende Haarbälge können beim Haarwechsel vorübergehend zwei Haare enthalten. Ob Bälge mit vielen (bis zu 9) Haaren, die *ich* (Mikr.

Fig. 165. Querschnitt durch die Kopfhaut des Menschen, mit $\overline{\text{X}}$. Ger. Vergr. *a* sich kreuzende Bindegewebsbündel; *b* Gruppen von Haarbälgen.

Anat. II, S. 153) und *Werthheim* sahen, normale waren, ist noch zu ermitteln. — Die Haare, die am Kopfe in Einer Gruppe beisammenstehen, zeigen, wie *v. Ebner* mit Recht bemerkt, nie alle dieselbe Entwickelung und findet man stets dünnere und dickere, kürzere und längere Haare beisammen, meist auch das eine oder andere Haar im Stadium des Kolbenhaares oder mit Regenerationserscheinungen. Wenn einmal diese Verhältnisse bei verschiedenen Altern, bei vollem Haarwuchse und bei beginnender Kahlköpfigkeit, ferner die ausfallenden Haare mit genauer Prüfung der Beschaffenheit ihrer Wurzel geprüft sein werden, erst dann wird man über die Lebensdauer und Wiedererzeugung der Haare genaue Aufschlüsse gewinnen (Siehe auch unten).

§ 65.

Bezüglich auf den feineren Bau lassen sich an jedem Haare ohne Ausnahme zwei, an vielen selbst drei Gewebe unterscheiden: 1. das Rinden- oder Fasergewebe, auch die Rindensubstanz geheissen, welches weitaus den bedeutendsten Theil des Haares ausmacht und seine Gestalt bedingt, 2. das Oberhäutchen, ein zarter äusserer Ueberzug des Fasergewebes, 3. endlich das oft fehlende, in der Mitte gelegene Markgewebe.

Das Rinden- oder Fasergewebe, *Substantia fibrosa s. corticalis*, ist längsstreifig, sehr oft dunkel punktirt und gestrichelt oder gefleckt

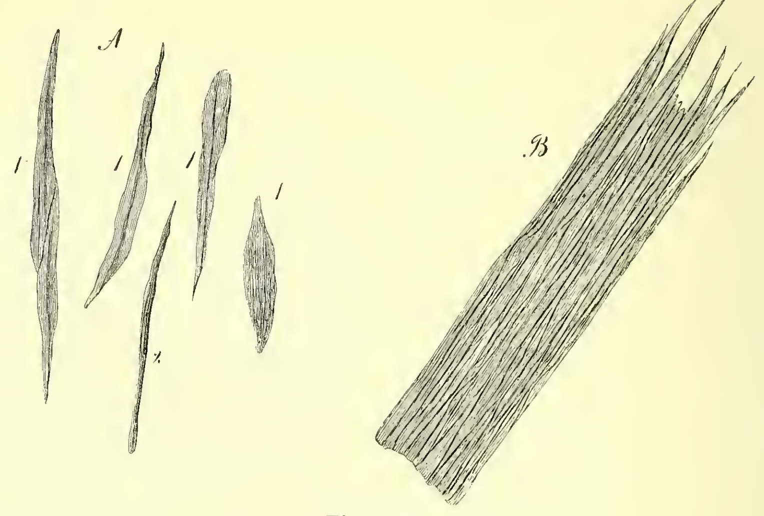


Fig. 166.

und, abgesehen von den weissen Haaren, wo es durchscheinend ist, mehr oder minder stark gefärbt, welche Färbung bald durch das ganze Gewebe ziemlich gleichmässig sich verbreitet, bald mehr auf gewisse längliche, körnige Flecken

Fig. 166. Plättchen oder Faserzellen der Rinde eines mit Schwefelsäure behandelten Haares, 350 Mal vergr. *A* Einzeln dargestellte Plättchen, 1 von der Fläche (3 einzelne, 2 verbundene), 2 von der Seite. *B* Eine aus vielen solchen Plättchen zusammengesetzte Schicht.

sich beschränkt. Behandelt man ein Haar in der Wärme mit starker Schwefelsäure, so lässt sich sein Fasergewebe viel leichter als vorher in platte, verschieden (gewöhnlich 4,5—11 μ) breite, lange Fasern zerlegen, die besonders durch ihre Starrheit und Brüchigkeit und ihre unregelmässigen, selbst zackigen Ränder und Enden sich auszeichnen und bei den hellen Haaren eine helle, bei dunklen eine dunkle Färbung besitzen. Diese sogenannten Haarfasern sind aber noch nicht die Elemente der Rinde, vielmehr muss jede derselben als eine Vereinigung von platten, mässig langen Faserzellen oder Plättchen angesehen werden, welche nach eindringlicher Behandlung eines Haares mit Schwefelsäure neben den Fasern in grosser Menge einzeln sich erhalten lassen. Dieselben (Fig. 166), die am besten als Plättchen des Fasergewebes oder Faserzellen der Rinde bezeichnet werden, sind platt und im Allgemeinen spindelförmig, 54—68 μ lang, 4—9—11 μ breit, 3,0—3,6 μ dick, mit unebenen Flächen und unregelmässigen Rändern, quellen in kaustischen Alkalien nicht auf und zeigen im Innern sehr häufig einen dunkleren Streifen, von dem gleich weiter die Rede sein soll, unter gewissen Verhältnissen auch körnigen Farbstoff; sonst sind sie gleichartig und lassen durchaus keine weiteren Elemente, wie z. B. Fäserchen, erkennen. Dieselben erscheinen der Länge nach fester mit einander verbunden als der Breite nach, daher auch die Rinde leicht in die langen, vorhin erwähnten Fasern sich spalten lässt. Die Fasern selbst, welche ich übrigens nicht gleichsam als zusammengesetzte Elemente der Rindensubstanz bezeichnen möchte, da ihre Elemente sich noch einzeln darstellen lassen und sie selbst viel zu unregelmässig sind, stellen, ohne so deutliche Lamellen zu bilden, wie z. B. die Plättchen des Nagels und der Epidermis, indem sie von allen Seiten mit einander sich verbinden, ein festes Faserbündel dar und erzeugen eben hierdurch das Rindengewebe, den Hauptheil des Haares.

Die dunklen Flecken und Pünktchen und die Streifen der Rinde sind sehr verschiedener Natur und zwar vorzüglich 1. körniger Farbstoff, 2. mit Luft oder Flüssigkeit erfüllte Hohlräume und 3. Kerne. Die Flecken sind, wie besonders kaustisches Kali und Natron lehren, die das Rindengewebe ganz erweichen und aufquellen machen, ohne die Flecken anzugreifen, einem bedeutenden Theile nach nichts als Ansammlungen von Farbkörnchen, die in den Haarplättchen ihren Sitz haben, vorzüglich in dunklen Haaren häufig sind und in Bezug auf Grösse und Form sehr wechseln. Eine zweite Art von dunklen Flecken gleicht den gefärbten Ablagerungen sehr, ergiebt sich jedoch als mit Luft erfüllte kleine Hohlräume (Mikr. Anat. Tab. II, Fig. 13), die in weissen und hellen Haaren oft sehr zahlreich vorkommen, in ganz dunklen Haaren dagegen und in der unteren Hälfte der Wurzeln aller Haare fehlen. Endlich kommen drittens in der Rinde noch mässig dunkle schmale Streifen oder Linien vor, die einmal die Grenzlinien der einzelnen Faserzellen der Rinde und zweitens die Kerne derselben sind. Es enthalten nämlich auch im Schafte des Haares die Rindenplättchen alle 22—36 μ lange, 1,1—2,6 μ breite spindelförmige Kerne, die man durch Zerreiben in Natron gekochter weisser Haare selbst für sich darstellen kann (Fig. 168). Ausserdem zeigen sich in der Rindensubstanz und zwar besonders deutlich in einer weisslichen Stelle unmittelbar über der Zwiebel noch feine Streifen, welche von Unebenheiten der Oberfläche

der Rindenplättchen erzeugt werden, selbst nach eindringlicher Behandlung mit Alkalien nicht leicht verschwinden, jedoch schliesslich einem feinfaserigen Wesen Platz machen; dieselben lassen sich nicht für sich darstellen, zeigen sich aber auch an den durch Schwefelsäure für sich erhaltenen Stückchen der Rinde und selbst an einzelnen von deren Elementen (Fig. 166) sehr deutlich.

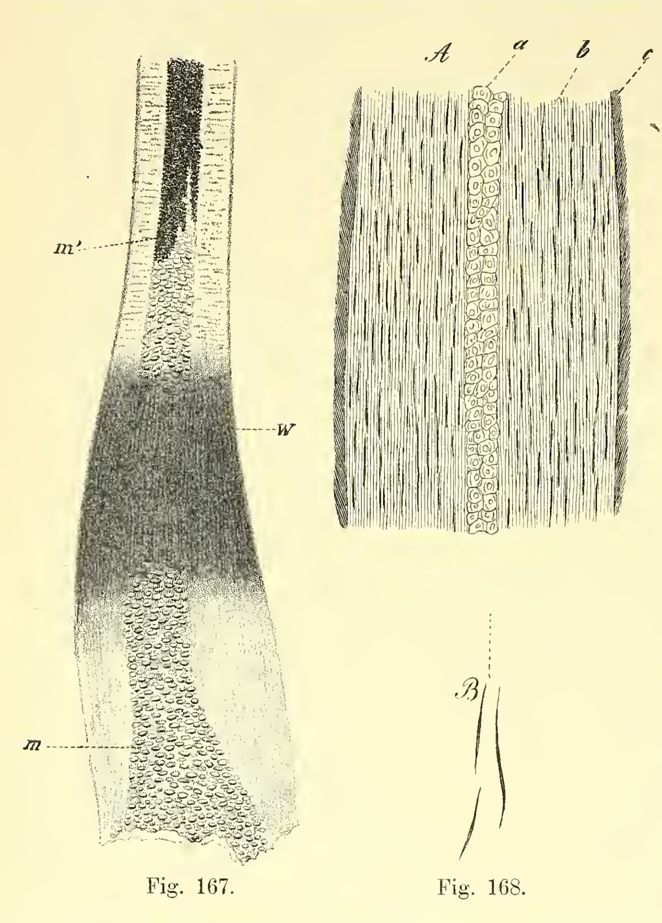


Fig. 167. Fig. 168.

Die bisher gegebene Schilderung der Rinde galt vorzüglich von dem Haarschafte. An der Haarwurzel finden sich, so lange dieselbe noch fest und spröde ist, im Wesentlichen dieselben Verhältnisse und erst in ihrer unteren Hälfte, wo sie allmählich weicher, zuerst feinfaserig und dann körnig wird, ändert sich der Bau der Rinde nach und nach. Hier nämlich werden die oben geschilderten Plättchen zuerst weicher und gestalten sich immer deutlicher als längliche Zellen (Fig. 169) von 45—54 μ Länge und 22—24 μ Breite, deren stabförmige, gerade oder geschlängelte Kerne von 18—22 μ bei Essigsäurezusatz äusserst kenntlich werden und leicht sich isoliren lassen. Dann gehen, indem auch der faserige Bau sich immer mehr verliert, die weichen und schon verkürzten Plättchen in länglichrunde Zellen mit kurzen Kernen über, die endlich in die Elemente des untersten dicksten Theiles des Haares, des Haarknopfes oder der Zwiebel, ohne Unterbrechung sich fortsetzen. Diese (Fig. 175) sind nichts anderes als runde oder leicht verlängerte Zellen von 6—13 μ, die dicht gedrängt beisammen liegen und, ähnlich den

Fig. 167. Zwiebel eines weissen Haares, mittl. Vergr. *m* Mark mit *Eleidin*-Körnern, *m'* Mark mit Luft, *W* weisse Stelle der Rindensubstanz der Haarwurzel.

Fig. 168. *A* Ein Stück eines weissen Haares nach Behandlung mit Natron 350 Mal vergr., *a* kernhaltige Zellen des Markes ohne Luft, *b* Rindengewebe mit feiner Faserung und hervorgetretenen linienförmigen Kernen, *c* Oberhäutchen mit stärker als gewöhnlich abstehenden Plättchen. *B* Drei einzeln dargestellte linienförmige Kerne aus der Rinde.

Zellen der Schleimschicht der Epidermis, bald nur farblose Körnchen führen, bald mit dunklen Farbkörnchen so vollgepfropft sind, dass sie zu wahren Pigmentzellen werden. Ausser diesen gefärbten Elementen enthält die Haarzwiebel in ihren untersten Theilen eine bald grössere, bald geringere Zahl von sternförmigen Pigmentzellen, die als Bindegewebszellen aufzufassen sind, die von Seiten der Haarpapille in die Haarzwiebel einwanderten. Diesen von *Riehl* und *mir* und wahrscheinlich zuerst von *Aeby* gesehenen Elementen kommt die wichtige Funktion zu, das Pigment in das Haar überzuleiten und dasselbe in die Bildungszellen der Haarrinde überzuführen. — Noch ist zu erwähnen, dass an der unteren Hälfte der Wurzel auch das chemische Verhalten der Elemente der Rinde sich ändert, indem dieselben gegen Essigsäure, die die Plättchen des Schaftes durchaus nicht angreift, immer empfindlicher werden und auch in Alkalien viel schneller als im Schafte aufquellen und sich lösen.

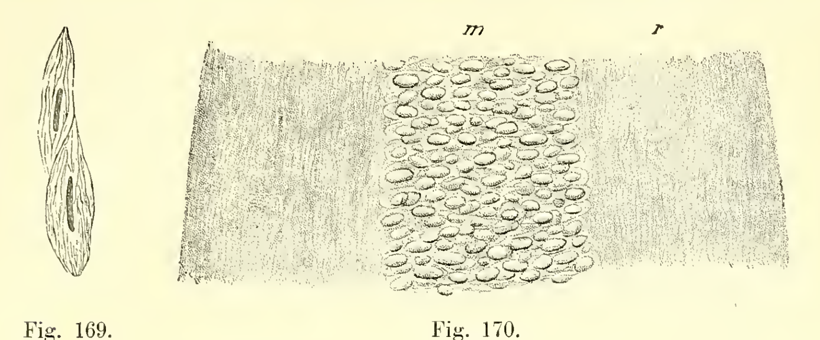


Fig. 169. Fig. 170.

Bezüglich auf die Farbe der Rindensubstanz ist zu bemerken, dass dieselbe einmal von den Pigmentflecken, dann von den Lufträumen und drittens von einem aufgelösten, mit der Substanz der Rindenplättchen verbundenen Farbstoffe herrührt. Ersteres oder das körnige Pigment zeigt alle Wechsel von Hellgelb durch Roth und Braun bis Schwarz; der gelöste Farbstoff fehlt in weissen Haaren gänzlich, ist in hellblonden spärlich, am reichlichsten in dunkelblonden und rothen, sowie in dunklen Haaren vorhanden, in denen er für sich allein eine stark rothe oder braune Farbe bedingen kann. Auf Rechnung dieser beiden Pigmente vorzüglich kommt die Farbe der Rinde, doch ist meist bald das eine, bald das andere vorwiegend, und möchten nur in ganz lichten und stark dunklen Haaren beide ungefähr gleichmässig entwickelt sein.

Nach *Waldeyer* (s. Festschr f. *Henle* S. 180) sind die letzten Formelemente der Rindensubstanz nicht meine Haarzellen, sondern feinste längsverlaufende Fibrillen (Hornfibrillen), welche als Differenzirungen des Inhaltes dieser Zellen erscheinen. Ja es sollen die Fibrillen der verschiedenen Zellen untereinander zusammenhängen, was *Waldeyer* daraus erklärt, dass die Bildungs-Zellen der Rindensubstanz von Hause aus durch Ausläufer

Fig. 169. Zwei Zellen aus der Rinde der Haarwurzel (dem feinstreifigen Theile derselben dicht über der Zwiebel) mit deutlichen Kernen und streifigem Ansehen. 350 Mal vergrössert.

Fig. 170. *Eleidin*-Körner im Mark *m* der Wurzel eines weissen Haares, *r* Rindensubstanz. St. Vergr.

zusammenhängen. Mir ist es auch bei neuen Untersuchungen nicht geglückt, Fäserchen aus der Haarrinde zu isoliren, wenn auch das von mir beschriebene streifige Aussehen der Faserzellen der Rinde auf eine solche Zusammensetzung hinweist. Ferner sehe ich auch an Querschnitten von Haaren keine Fibrillen, und rührt die an solchen oft sehr deutliche Punktirung von den ungemein zahlreichen Pigmentkörnchen oder den mit Luft gefüllten Lücken, oder von beiden her.

In Betreff der Bildung des Haarfarbstoffes hat *Riehl* zuerst im Jahr 1884 (Vierteljahrsschr. f. Dermat. u. Syph. 1884 S. 33 Tafel V) bestimmte Angaben gemacht, während *Aeby* seine ausgedehnteren Untersuchungen über „die Herkunft des Pigmentes im Epithel“, die wahrscheinlich vor denen von *Riehl* begonnen wurden, kurz vor seinem Tode, im März 1885 nur in einer kurzen Notiz (Med. Centralblatt 1885, Nr. 16) bekannt machte, die keine Einzelheiten enthält, jedoch den Vorgang der Pigmentbildung im Allgemeinen sehr richtig schildert. Ich selbst habe im Frühling 1887 diese Frage beim Menschen geprüft und die Angaben von *Riehl* vollkommen richtig befunden. Die Bindegewebszellen, die das Haarpigment erzeugen, sitzen, wie die Fig. 171 zeigt, im tiefsten Theile des Haarkeimes um die Papille herum und stehen ihre Zellenkörper mit ihrer Längenachse im Allgemeinen senkrecht zur Oberfläche der Papille. Gestalt und Grösse dieser Pigmentzellen wechseln sehr. Vom runden zum spindelförmigen und von dieser Form zu Sternen mit 4, 5 und 6 Ausläufern finden sich alle Zwischenformen. Die Ausläufer sind bald einfach, bald verästelt, gröber und feiner bis zum kaum Messbaren und können mit ihren Zweigelchen ein verhältnissmässig grosses Gebiet beherrschen. In der Regel sind die einfacheren und dickeren Ausläufer der Papille zugewandt, während die stark verästelten und feineren Fortsätze die äusseren Theile des Haarkeimes durchziehen und bis zur Oberfläche des Abschnittes desselben gelangen, der die Matrix der Rindensubstanz dargestellt. Hierbei ziehen diese Fortsätze in den intercellulären Spalten um die Bildungszellen der Rindensubstanz herum und umgeben dieselben mit zierlichen meist schwarzbraunen Netzen, deren einzelne Elemente rosenkranzartig wie aus aneinandergereihten kleinsten Pigmentkörnchen bestehen, zwischen denen längere oder kürzere ungefärbte Stellen sich finden.

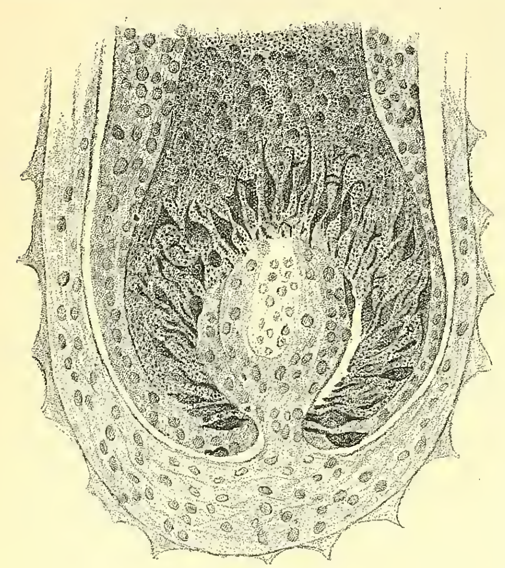


Fig. 171.

Dass diese pigmentirten sternförmigen Zellen ursprünglich der Lederhaut angehören und von dieser aus in die Haarzwiebel einwandern, lässt sich beim Menschen zwar nicht vollgültig beweisen, aber doch sehr wahrscheinlich machen. Bei ihrer ersten Entstehung sind die Haare des Menschen ungefärbt. Dann entwickeln sich in erster Linie in der Haarpapille pigmentirte Bindegewebszellen. Hierauf erscheinen solche Elemente in der Zwiebel des Haares, während die eigentlichen Bildungszellen des Haares noch ungefärbt sind; endlich tritt auch in diesen das Pigment erst spärlich und dann immer reichlicher auf. Beim Erwachsenen besitzen die blonden Haare kein Pigment in der Zwiebel, die dunklen dagegen führen dasselbe um so massenhafter, je dunkler sie sind und zwar sind hier entsprechend der Färbung auch die verästelten Zellen verschieden gross und zahlreich. Häufig enthält auch hier die Papille noch Pigment, jedoch selten so grosse Zellen, wie sie *Riehl* abbildet.

Fig. 171. Zwiebel eines Haares mit den umgebenden Theilen von der Kopfhaut mit verästelten Pigmentzellen in derselben.

Viel bestimmter als beim Menschen ist die Pigmentbildung bei Thieren zu verfolgen. Das schönste mir bekannte Objekt ist der Bast des sich entwickelnden Geweihes des Hirschen, der an der Spitze noch ungefärbte Haaranlagen, weiter unten alle Stadien der Pigmentirung, wie sie vorhin vom Menschen geschildert wurden, zeigt. Hier und noch schöner in der Epidermis des Bastes läst sich auch nachweisen, dass die pigmentirten Bindegewebszellen mit ihren Ausläufern anfangs in den Interstitien der Epidermis-Zellen und später im Innern dieser liegen, so dass nicht zu bezweifeln ist, dass diese Elemente ihr Pigment von aussen erhalten.

Ausser in der Papille sah ich beim Menschen Pigmentzellen auch da und dort im Haarbalg. Von hier aus können dieselben dann in die äussere und selbst, obschon selten, auch in die innere Wurzelscheide eintreten. In Haaren, die nicht mehr wachsen, sogenannten Kolbenhaaren, findet sich oft eine ungemeine Entwicklung von Pigmentzellen und zwar sowohl in der Haarzwiebel selbst, als in dem unter ihr befindlichen weichen Zellenstrange.

§ 66.

Das Markgewebe, *Substantia medullaris*, ist ein in der Mittellinie des Haares von der Zwiebel an bis nahe an die Spitze ziehender Streifen oder Strang (Figg. 167, 172), der im Allgemeinen in den Wollhaaren und gefärbten Kopfhaaren häufig fehlt, in den dicken kurzen und stärkeren langen Haaren, sowie in weissen Kopfhaaren meist vorhanden ist. Kocht man weisse Haare mit kaustischem Natron, bis sie aufquellen und sich zusammenkrümmen, so lässt sich oft schon ohne weiteres durch einfaches Zerdrücken des weichen Haares die zellige Zusammensetzung des bei durchfallendem Lichte durchscheinend gewordenen Markstranges erkennen (Fig. 172 *a*): zerzupft man ein solches Haar sorgfältig, so gelingt es sehr leicht, die Markzellen zu mehreren reihenweise verbunden und selbst ganz für sich darzustellen (Fig. 173). Es sind dieselben rechteckige oder viereckige, seltener mehr rundliche oder spindelförmige Zellen von 16—22 μ Durchmesser, hie und da mit dunklen Körnchen wie Fett und mit einem rundlichen, in vielen Fällen, wo das Alkali nicht zu sehr



Fig. 173.

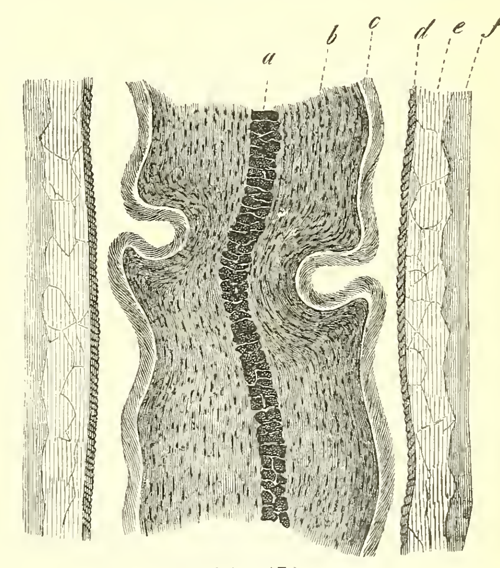


Fig. 172.

Fig. 172. Ein Theil der Wurzel eines dunklen Haares leicht mit Natron behandelt. 250 Mal vergr. *a* Mark, noch lufthaltig und mit ziemlich deutlich hervortretenden Zellen, *b* Rinde mit Pigmentflecken, *c* innere Lage des Oberhäutchens, *d* äussere Lage desselben, *e* innere Lage der Wurzelscheide des Haares (*Huxley's* Schicht), *f* äusserer durchlöcherter Theil derselben (*Henle's* Schicht).

Fig. 173. Acht Markzellen mit fettartigen Körnchen. *Eleidin* (?), aus einem mit Natron behandelten Haare. 350 Mal vergr.

eingewirkt hat, deutlich sichtbaren, hellen Flecke von 3,5—4,5 μ, welcher wahrscheinlich einen Zellenkern darstellt und durch Natron selbst etwas aufzuquellen scheint. Im frischen Haare ist das Mark im Schafte bei auffallendem Lichte silberweiss, bei Beleuchtung von unten schwarz, welches Ansehen, wie viele günstige Objekte lehren, von rundlich-eckigen Körnchen von ziemlich gleichmässiger, jedoch je nach den Haaren wechselnder Grösse von 0,4—4 μ erzeugt wird, die in grosser Menge die Markzellen erfüllen (Fig. 172). Diese Körner sind nicht Fett oder Pigment, wie man früher allgemein annahm, sondern Luftbläschen, wie sich mit Leichtigkeit ergiebt, wenn man ein weisses Haar in Wasser oder Aether kocht und mit Terpentinöl behandelt, in welchen beiden Fällen das Mark ganz hell und durchscheinend wird. Trocknet man ein mit Wasser behandeltes Haar, so nimmt das Mark wieder Luft auf.

In der Zwiebel und dicht über derselben enthält das Mark keine Luft, zeigt vielmehr in seiner ganzen Breite einen eigenthümlichen Inhalt seiner Zellen, der vielleicht von *mir* schon gesehen (s. Fig. 173), aber von *Waldeyer* zuerst genauer nachgewiesen und dann von *Ranvier* bestätigt wurde, nämlich glänzende, runde oder querovale Gebilde von 3—5 μ Grösse, welche wie das *Eleidin* der Epidermis sich verhalten, jedoch in Eisessig rasch erblassen (Fig. 170). In diesem untersten Theile des Markes sind die Markzellen mit Ausnahme der untersten breit und in der Richtung der Längsachse des Haares abgeplattet und zeigen alle in A deutlich neben dem *Eleidin*-Korn einen querovalen Kern. In den lufthaltigen Markzellen über der Zwiebel lässt sich mit Sicherheit kein Kern mehr nachweisen, dagegen sind die in Fig. 173 dargestellten blassen Gebilde wahrscheinlich Kerne.

Der Durchmesser des Markes verhält sich im Allgemeinen zu dem des Haares selbst wie 1 : 3—5; im Ganzen und im Vergleiche zu den anderen Theilen am dicksten ist dasselbe in kurzen dicken Haaren, am dünnsten in Woll- und Kopfhaaren. Auf dem Querschnitte bildet es eine runde oder abgeplattete Figur, und die Zellen, die dasselbe zusammensetzen, stehen in 1—5, in der Zwiebel in 10—20 und noch mehr Längsreihen (Fig. 167, 170).

Einen doppelten Markstrang (s. Mikr. Anat. II, S. 120) sah ich jüngst in einem Schnurrbarthaare, und zwar ging jeder sich verbreiternd bis in den untersten Theil der Zwiebel; 4 Markstränge zeigten röthliche Barthaare eines jungen Kollegen.

Nach *Waldeyer* ist die Luft im menschlichen Marke *intercellulaer* gelagert, eine Annahme, der ich mich nicht anschliessen kann. Wenn dem so wäre, müsste die Luft wie ein Mantel die Markzellen umgeben und würde man unter dem Miskroskope dunkle Ringe mit hellen Flecken sehen, was nie der Fall ist. Ich habe in meiner Mikr. Anat. wohl ausführlich genug nachgewiesen, dass die Luft in der Regel in vielen kleinen Räumen im Innern der Markzellen enthalten ist, aber auch unter Umständen in jeder Zelle eine grosse Blase bildet und füge hier nur noch bei, dass meiner Meinung nach die Markzellen beim Austrockenen zerreissen und mit einander in Verbindung treten. Von einem Zerreissen kann man wohl reden, weil, wie ich finde, die Markzellen im oberen Theile der Haare ziemlich feste und eher dicke Wandungen besitzen.

Die *Eleidin*-Körner des Haarmarkes gehen, wie ich mit *Ranvier* sehe, bis in die Bildungs-Zellen des Haarmarkes hinein und finden sich schon dicht an der Papille, nur kleiner als höher oben (Fig. 167). In weissen Haaren, in denen sie leichter zu verfolgen sind, kommen dieselben noch in der weissen undurchsichtigen Stelle der Rindensubstanz vor und noch etwas darüber hinaus und scheinen dann bei der weiteren Ausbildung des Markes zu erblassen, wenigstens findet man höher oben in Markzellen, die schon Luft

enthalten, noch helle Räume ganz von der Grösse der früheren *Eleidin*-Körner. Diese machen, wie ich mit *Waldeyer* finde, den Eindruck von Körnern mehr fester Art und spricht auch das hie und da beobachtete Vorkommen von Vakuolen in denselben mehr in diesem Sinne. Setzt man *Ac. aceticum glaciale* denselben zu, so quellen sie, wenn sie isolirt sind, um das 3—4fache auf und werden ungemein blass. Ausser diesen sogenannten *Eleidin*-Körnern enthalten die noch weichen Markzellen eine gewisse Menge unendlich feiner dunkler Körnchen, die in $\bar{A}$ nicht erblassen.

§ 67.

Das Oberhäutchen des Haares, *Cuticula*, ist ein ganz dünnes, durchsichtiges Häutchen, welches einen vollkommenen Ueberzug über das Haar bildet und mit der Rinde sehr fest verbunden ist. In seiner natürlichen Lage und an einem unveränderten Haare betrachtet, giebt es sich fast durch nichts kund als durch viele dunklere, netzförmig verbundene, unregelmässige und selbst zackige Linien, die 5 bis 14 μ von einander abstehen und quer um das Haar herumziehen, hie und da auch durch kleine sägenförmige Zacken am scheinbaren Rande desselben (Fig. 174 *A*); behandelt man dagegen ein Haar mit Alkalien, so löst sich dasselbe in grösseren oder kleineren Blättern von dem Fasergewebe und zerfällt selbst in seine Elemente. Diese sind ganz platte, im Allgemeinen durchsichtige und blassrandige, vier- oder rechteckige kernlose Plättchen (Fig. 174 *B*), die durch kein Mittel zu Bläschen aufquellen und, wie die Ziegel eines Daches verbunden, eine einfache Hülle darstellen, die die Haarrinde vollständig umgiebt, und zwar so, dass die tieferen oder unteren Zellen die oberen decken. Auch in Schwefelsäure lässt das Oberhäutchen seinen Bau leicht erkennen, das Haar wird an den Rändern von den sich aufrichtenden Plättchen wie filzig, und durch Schaben oder Reiben ist das Oberhäutchen zwar weniger leicht in grösseren Blättern, wohl aber in seinen Elementen zu erhalten.

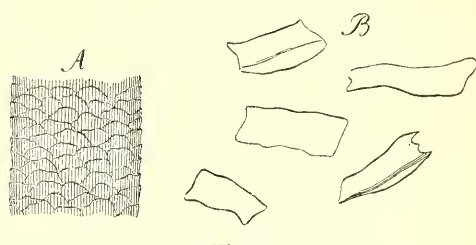


Fig. 174.

Das Oberhäutchen besteht aus einer einzigen, am Schafte 2—4 μ, an der Wurzel 6—8 μ dicken Lage von Plättchen, die in der Querrichtung des Haares 54—63 μ, 36—45 μ in der Längenrichtung messen und kaum dicker als 1,1 μ sind. An der Haarzwiebel gehen diese Plättchen mit einer ziemlich scharfen Grenze in kernhaltige weiche Zellen über (s. meine Mikr. Anat. Taf. II, Fig. 1 *n*), die in der Querrichtung der Haarzwiebel breit, sehr kurz in der Richtung der Längenachse derselben und etwas länger in ihrem dritten Durchmesser sind, der senkrecht oder schief auf die Längsachse des Haares steht. Dieselben werden von Alkali leicht, aber selbst von Essigsäure angegriffen, besitzen quere und ziemlich lange Kerne (Fig. 175 *OH*) und gehen endlich am Ende der Zwiebel in die schon beschriebenen, diese bildenden runden Zellen über.

Fig. 174. *A* Oberfläche des Schaftes eines weissen Haares. 160 Mal vergr. Die gebogenen Linien bezeichnen die freien Ränder der Oberhautplättchen. *B* Durch Natron isolirte Oberhautplättchen von der Fläche. 350 Mal vergr. — Von den längeren Rändern derselben sind entweder nur der eine oder beide mehr oder weniger umgeschlagen und daher dunkel.

§ 68.

Die Wurzelscheide des Haares, (*Unna*) *Vagina pili* (innere Wurzelscheide der Autoren), ist eine glashelle, durchsichtige dünne aber starre Haut, welche von der Zwiebel an, wo sie, wie das Haar selbst, weich beginnt, ungefähr zwei Drittheile der Haarwurzel eng umschliesst und etwas unterhalb der Talgdrüsenmündungen mit einem freien zerrissenen Rande endigt (Fig. 164). Mit ihrer äusseren Fläche grenzt die Wurzelscheide an die Oberhaut des Haarbalges und ist fest mit derselben verbunden, so dass kein Zwischenraum zwischen beiden Theilen besteht, und noch inniger ist die Vereinigung mit dem Haare selbst. Da die Wurzelscheide wie das Haar im Grunde des Haarbalges sich entwickelt und in allen Fällen, in denen das Haar wächst, mit demselben sich in die Höhe schiebt, muss dieselbe als Theil des Haares angesehen werden.

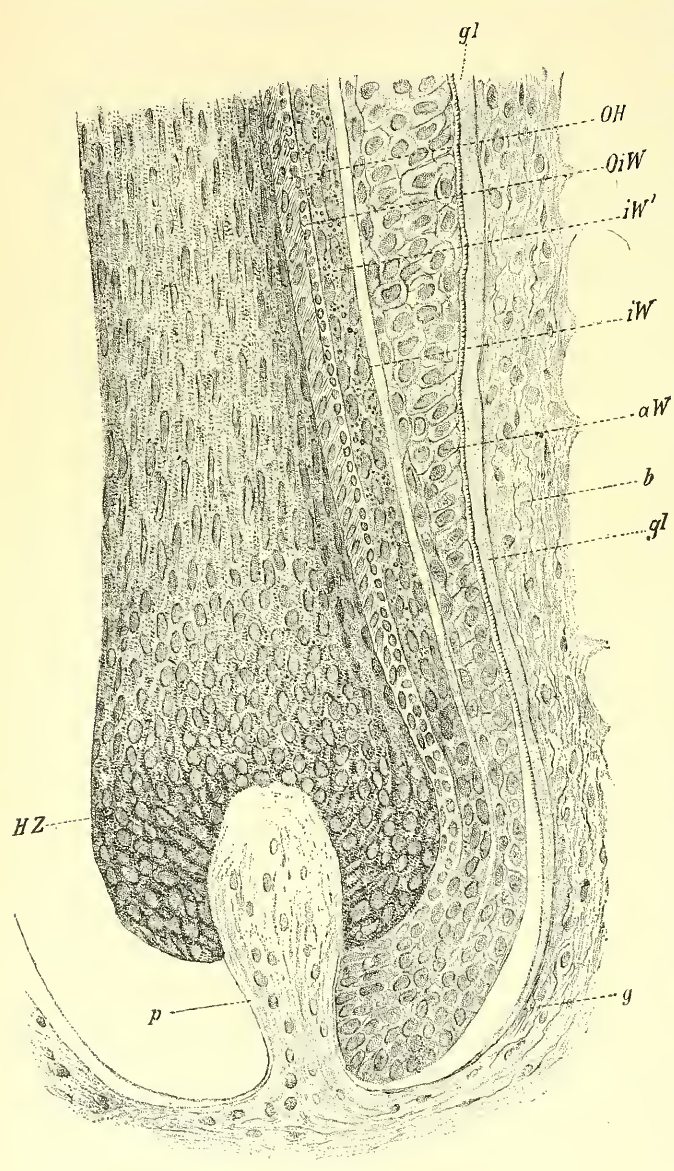


Fig. 175.

Die Wurzelscheide besteht aus zwei Lagen, von denen die äussere als Wurzelscheide im engeren Sinne, die andere als Oberhäutchen der Wurzelscheide bezeichnet werden kann.

Fig. 175. Querschnitt eines Haarbalges und einer Haarwurzel. St. Vergr.

Die Wurzelscheide im engeren Sinne zeigt zwei oder selbst drei Lagen vieleckiger, länglicher, durchsichtiger oder leicht gelblicher Zellen, die alle mit ihrer Längsachse derjenigen des Haares gleichlaufen (Fig. 172). Die

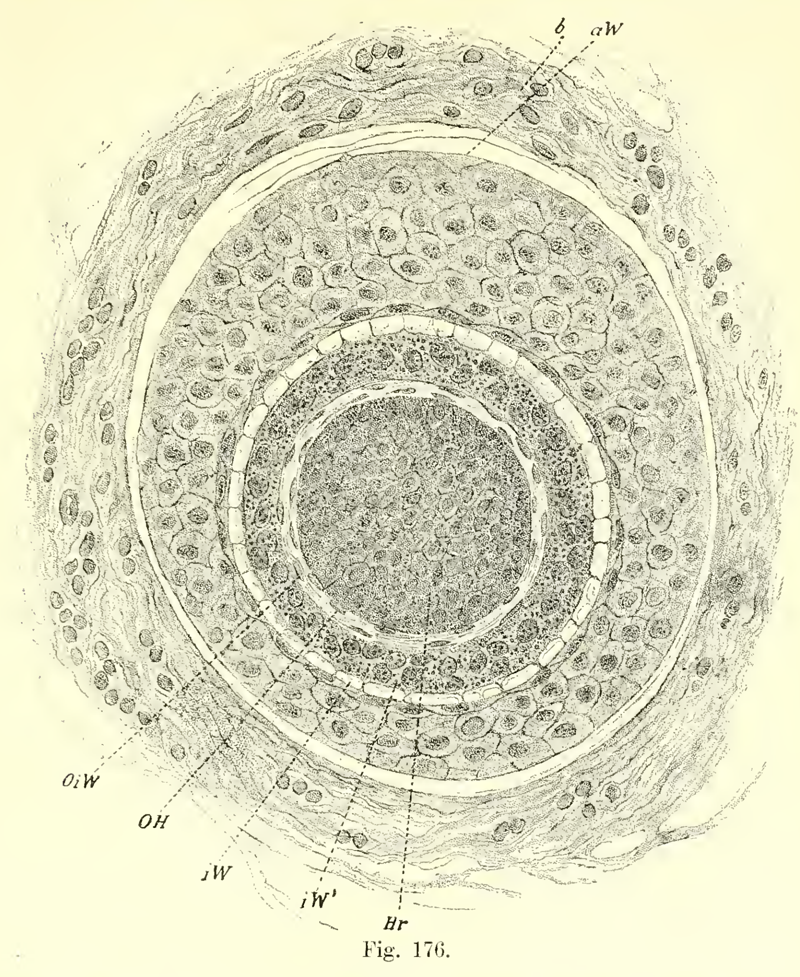


Fig. 176.

äusserste Lage (Fig. 172 *f*, 177 *A*), die zuerst bekannt wurde (sogenannte *Henle*'sche Schicht), wird von längeren, kernlosen Zellen von 36—45 μ Länge und 9—13 μ Breite gebildet, die der Länge nach stark zusammenhängen und bei den gewöhnlichen Untersuchungsweisen nach Zusatz von Essigsäure, Natron oder *Kali causticum*, die das Haar aufquellen machen, und beim Zerzupfen längliche, schmälere oder weitere Spalten zwischen sich enthalten und das Bild

Fig. 176. Längsschnitt eines Haarbalges und einer Haarwurzel. St. Vergr. In den Figuren 175 u. 176 bedeuten die Buchstaben dasselbe: *b* Haarbalg, *gl* Glashaut desselben mit Zacken an der inneren Oberfläche, *aW* Oberhaut des Haarbalges (äussere Wurzelscheide), *iW* Wurzelscheide des Haares (innere Wurzelscheide) äussere Lage (*Henle*'sche Schicht), iW^1 innere Lage derselben (*Huxley*'s Lage) mit *Eleidin*-Körnchen, *OiW* Oberhäutchen der Wurzelscheide, *OH* Haaroberhäutchen, *p Papilla pili*, *HZ* Haarzwiebel mit Pigment, *Hr* Rindensubstanz des Haares.

einer durchlöcherten oder gefensterten Haut geben. An ganz frischen Haaren sieht man jedoch, wenn alle Reagentien und andere Eingriffe vermieden werden, an der oberen Hälfte der fraglichen Schicht von Oeffnungen meist keine Spur und an der unteren (von der feinfaserigen Stelle der Rinde an aufwärts) höchstens Andeutungen derselben in Gestalt von je nach dem Einstellen helleren oder dunkleren Strichen, ähnlich denen der Rinde des Haarschaftes; es bleibt daher kaum etwas anderes übrig, als die Oeffnungen, wie man sie gewöhnlich sieht, von 11—18 μ Länge und 2—7 μ Breite für durch künstliche Zerrung der Hülle erzeugte zu erklären.

Nach innen von dieser Lage folgen Zellen, die nie Lücken zwischen sich darbieten (Fig. 172 *e*; 177 B) in einfacher oder doppelter Lage (sogenannte *Huxley*'sche Schicht). Dieselben sind kürzer und breiter als die oben beschriebenen Zellen (31—40 μ lang, 13—20 μ breit), jedoch ebenfalls vieleckig.

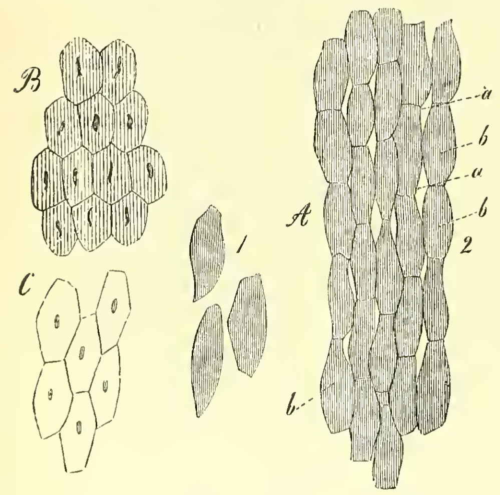


Fig. 177.

Der Durchmesser der Wurzelscheide im engeren Sinne beträgt im Mittel 15—35 μ, von welchen Zahlen ungefähr 1/3 auf die äussere, 2/3 auf die innere Lage kommen. Im Querschnitte erscheinen in der unteren Hälfte des Haarbalges die äusseren Zellen rundlich polygonal und warzenförmig nach innen vorspringend, die inneren kurz cylindrisch (Fig. 179). Beiderlei Elemente trennen sich in *Kali causticum* leicht voneinander (Fig. 177), jedoch ohne aufzuquellen, was sowie die geringe Veränderlichkeit in kaustischen Alkalien überhaupt eine Eigenthümlichkeit dieser Elemente ist, die sie nur noch mit den Oberhautplättchen der Wurzelscheide und des Haares theilen.

Im Grunde des Haarbalges gehen beide Lagen der eigentlichen Wurzelscheide in weiche, immer noch verlängerte aber breitere, vieleckige Zellen mit eigenthümlichem, körnigem Inhalte über, welche zuletzt rundlich polygonal und rundlich geworden, bis zu den tiefsten Theilen der Haarpapille sich erstrecken und hier ohne scharfe Grenze mit den Bildungszellen der anstossenden Lagen des Haares zusammenfliessen. Der körnige Inhalt dieser Zellen, von dem *Ebner* zuerst eine vorzügliche Abbildung und Beschreibung gegeben hat (l. c. S. 6, Taf. I Fig. 3 u. 4) wird von *Ranvier* mit Recht als *Eleidin* angesprochen. In der äusseren Lage der Wurzelscheide beginnen die körnigen Zellen die alle Kerne führen mit einer unregelmässig gezackten Linie in 0,35 bis

Fig. 177. Elemente der inneren Wurzelscheide, 350 Mal vergr. *A* Aus der äusseren Schicht 1 isolirte Plättchen derselben; 2 dieselbe im Zusammenhang aus den obersten Theilen der fraglichen Lage nach Behandlung mit Natron. *a* Oeffnungen zwischen den Zellen *b*. *B* Zellen der inneren nicht perforirten Schicht mit länglichen und leicht zackigen Kernen. *C* Kernhaltige Zellen des einschichtigen untersten Theiles der *Huxley*'schen Schicht.

0,44 mm Entfernung vom Grunde des Haarbalges; in der inneren Lage dagegen schon früher in ungefähr 1,0 mm von derselben Stelle. Mit anderen Worten, es werden die beiden Schichten der Wurzelscheide in verschiedenen Höhen hell und verhornt und zwar die äussere Lage früher als die innere. Die *Eleidin*-Körner sind in den längeren Zellen gross, meist stäbchenförmig, aber auch rundlich, in den rundlicheckigen kleiner, mehr rundlich und ringförmig um den Kern gestellt.

In den oberen Theilen des Haarbalges steht die Wurzelscheide nicht selten etwas von dem Haare ab und endet unweit der Einmündungsstelle der Talgdrüsen mit einem scharfen gezackten Rande, welcher durch die einzelnen mehr oder weniger vorragenden Zellen derselben gebildet wird. Hier finde ich mit *Ebner* auch einzelne losgelöste Zellen derselben und ist nicht zu bezweifeln, dass die Wurzelscheide, die mit dem Haare fortwächst, hier immerfort sich abschilfert und ihre Elemente dem Hauttalge beimengt. Haben die Haare ihre typische Länge erreicht, so tritt dann auch in der Wurzelscheide ein Stillstand ein und da gewöhnlich solche Haare zur Untersuchung dienen, ist dies der Grund, warum dieses Abbröckeln bis anhin, ausser durch *Ebner*, nicht beachtet wurde. Oberhalb der Talgdrüsen wird die Stelle der Wurzelscheide von der Oberhaut des Haarbalges eingenommen, deren oberflächlichste Zellen bald alle Eigenschaften derer des *Stratum corneum* annehmen.

Das Oberhäutchen der Wurzelscheide liegt derselben dicht an und gleicht dem Oberhäutchen des Haares, an welches dasselbe unmittelbar angrenzt, sehr. Dasselbe (Fig. 172*d* und 178*g*) tritt besonders bei Zusatz von Kali und Natron hervor, zieht sich bei etwelchem Drucke häufig zugleich mit der eigentlichen Wurzelscheide von dem Haare ab, während das Oberhäutchen des Haares wellenförmig sich biegend auf der Rindensubstanz liegen bleibt, und ist dann sowohl in der Seiten- als in der Flächenansicht leicht zu erforschen. An ausgerissenen Haaren findet sich diese Schicht nur dann vor, wenn dieselben noch von der Wurzelscheide überzogen sind, sonst bleibt sie im Haarbalge zurück. Ihre Elemente sind kernlose, dachziegelförmig sich deckende, breite, in Alkalien nie aufquellende und sehr schwer lösliche Zellen, die zwar dicker sind als die des Oberhäutchens des Haares, aber in der Richtung des Längendurchmessers des Haares nur 5—9 μ messen. Während die Schüppchen des Haaroberhäutchens mit ihren freien Rändern nach oben gerichtet sind und von unten nach oben dachziegelförmig sich decken, findet beim Oberhäutchen der Wurzelscheide gerade das Umgekehrte statt (Fig. 172) und sind somit beide Oberhäutchen so verzahnt, dass das Haar nur mit Ueberwindung dieses Hindernisses ausgezogen werden kann und beim Längenwachsthume wahrscheinlich die Wurzelscheide früher nach oben sich vorschiebt als das Haar (*Ebner*).

Das Oberhäutchen der Wurzelscheide ist 3,6—5,0 μ dick und setzt sich an der Haarzwiebel mit einer ziemlich scharfen Grenze in derselben Höhe wie das Oberhäutchen des Haares in kernhaltige grosse Zellen fort (Fig. 175), deren Verhältnisse im Allgemeinen mit denen der Bildungszellen des Haaroberhäutchens stimmen, nur dass dieselben etwas kleiner sind. In diesen Zellen will *Ranvier* ebenfalls *Eleidin* gesehen haben, welches nachzuweisen mir bisher ebensowenig wie *Unna* gelang. Uebrigens ist die Abbildung von *R.* (Arch. d. Physiol. III 1884 Pl. 3. Fig. 6) so ungenau, dass seine Angaben kein grösseres Zutrauen verdienen.

§ 69.

Die Haarbälge, *Folliculi pilorum* sind 2—7 mm lange, flaschen- oder schlauchförmige Säckchen, welche die Haarwurzeln ziemlich dicht umschliessen und bei Wollhaaren in den oberen Lagen der Lederhaut drin liegen, bei starken oder langen Haaren dagegen meist bis in die tiefen Theile derselben hineinragen und selbst mehr oder weniger weit in das Unterhautbindegewebe sich erstrecken. Dieselben sind einfach als eine Fortsetzung der Haut mit ihren beiden Bestandtheilen, der Lederhaut und der Oberhaut, zu betrachten und demgemäss unterscheidet man auch an jedem von ihnen einen äusseren, faserigen, gefässreichen Theil, den Haarbalg im engeren Sinne, und eine gefässlose, aus Zellen bestehende und das Haar sammt seiner Wurzelscheide umgebende Auskleidung derselben, die Oberhaut des Haarbalges, welche im oberen Theile der Haarbälge aus beiden Schichten der Epidermis, unterhalb der Talgdrüsen-Mündungen nur aus der *Malpighi*'schen Schicht allein besteht.

§ 70.

Der Haarbalg im engeren Sinne besteht aus zwei Faserhäuten, einer äusseren und einer inneren, und aus einer Glashaut, hat im Mittel 34—50 μ Dicke und entwickelt von seinem Grunde aus ein eigenthümliches Gebilde, die Haarpapille.

Die äussere Faserhaut (Fig. 179 *a*) von sehr wechselnder Stärke (7—37 μ, im Mittel 22 μ nach *Moleschott*) bedingt die äussere Form des Haarbalges und hängt in ihrem obersten Theile, oberhalb der Talgdrüsen, wo sie ihre scharfe Begrenzung verliert, sehr innig mit der Lederhaut zusammen. Dieselbe besteht aus gewöhnlichem Bindegewebe mit längsverlaufenden Bündeln, mit vielen elastischen Fasern an ihrer Oberfläche und im Inneren mit ziemlich vielen länglichen, spindelförmigen kleinen Bindegewebskörperchen und in seltenen Fällen einzelnen Fettzellen, enthält ein ziemlich reichliches Netz von Kapillaren und lässt auch nicht selten einzelne, Theilungen darbietende, dunkelrandige Nervenfasern erkennen, deren Endigungen unbekannt sind.

Die von mir aufgefundene innere Faserhaut (Fig. 178 *a*, 179 *b*) oder Ringfaserhaut ist meist dicker als die äussere Lage (15—43 μ, im Mittel 31 μ, *Moleschott*) und erstreckt sich, überall gleich dick und von glatten Flächen begrenzt, vom Grunde des Haarbalges nur bis in die Gegend, wo die Talgdrüsen einmünden. Auch in dieser Lage finde ich ziemlich zahlreiche Kapillaren, die meist quer verlaufen, dagegen ist es mir noch nicht geglückt, Nerven in ihr zu sehen. Dem Baue nach besteht dieselbe aus einer undeutlich faserigen Grundsubstanz mit der Neigung der Quere nach in Fasern verschiedener Stärke zu reissen und zweitens aus mehreren Lagen zahlreicher, querverlaufender Bindegewebskörperchen mit schönen stabförmigen und länglich runden Kernen, denen keine elastische Fäserchen beigemengt sind. Diesem zufolge und da diese Lage beim Kochen in Wasser aufquillt und sich nicht trübt, wie Muskelgewebe (*Henle*), spreche ich mich jetzt, nachdem ich früher in dieser Beziehung unschlüssig gewesen war, entschieden dahin aus, dass das Gewebe der Ringfaser-

haut zur Gruppe der Bindesubstanzen gehört. Andere, wie *Bonnet*, betrachten dieselbe als muskulös.

Die dritte ebenfalls von mir zuerst beschriebene Lage, die Glashaut, ist eine helle durchsichtige Membran, die in einzelnen Fällen Andeutungen

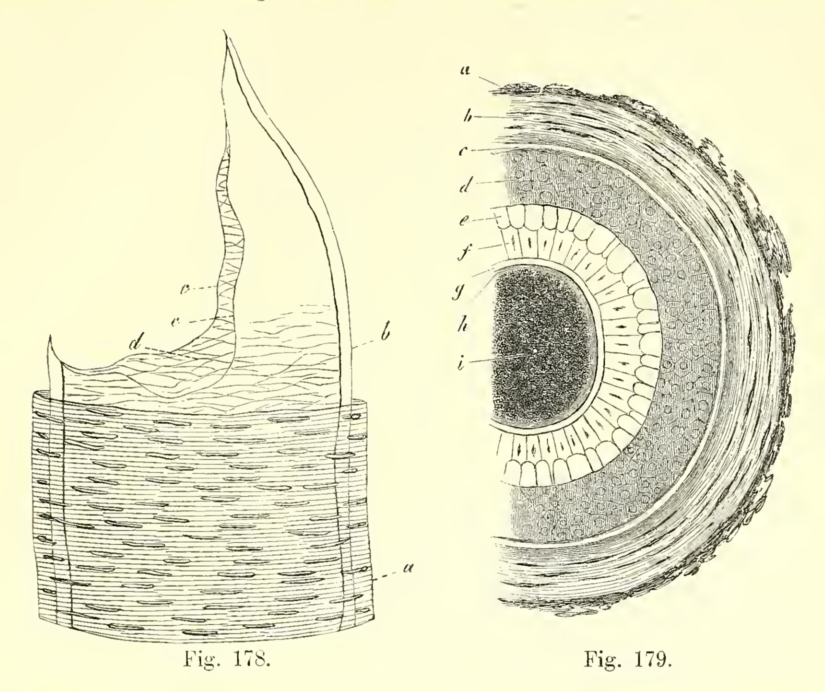


Fig. 178. Fig. 179.

eines fibrillären Baues zeigt (Fig. 178 *b*). Dieselbe bleibt beim Ausreissen der Haare ohne Ausnahme im Haarbalge zurück und erstreckt sich vom Grunde desselben an, wo sie am Stiele der Haarpapille sich verliert, ohne nachweisbar auch diese zu bekleiden (*Mertsching* will dieselbe auch hier noch gesehen haben), soweit als die Wurzelscheide des Haares und vielleicht noch etwas höher. Am unverletzten Haarbalge (Fig. 179 *c*) erscheint die Glashaut nur als ein ganz blasser Streifen von 2,2—3,3 μ, selten bis 4,5 μ Dicke (an Kopfhaaren nach *Moleschott* von 3—10 μ) zwischen der Ringfaserlage des Balges und der Oberhaut desselben, lässt sich jedoch durch Zerzupfen eines leeren Haarbalges leicht in grösseren Fetzen erhalten und zeigt sich auch an Längsschnitten von Haarbälgen oft auf grössere Strecken blossgelegt. In solchen Fällen ergiebt sich die

Fig. 178. Ein Stückchen von der Querfaserlage und der strukturlosen Schicht (Glashaut) eines Haarbalges vom Menschen mit Essigsäure behandelt, 300 Mal vergr. *a* Querfaserlage mit länglichen queren Kernen; *b* Glashaut im scheinbaren Längsschnitte; *c* Ränder derselben, da wo der Schlauch, den sie bildet, zerrissen ist; *d* feine quere, zum Theil zusammenhängende Linien (Leisten) auf ihrer inneren Fläche.

Fig. 179. Querschnitt durch ein Kopfhaar sammt dem Balge, etwas unterhalb der Mitte des letzteren, 350 Mal vergr. *a* Längsfaserhaut des Haarbalges wenig entwickelt. *b* Querfaserschicht mit Bindegewebskörperchen. *c* Glashaut. *d* Oberhaut des Haarbalges. *e* Wurzelscheide, äussere Lage. *f* Dieselbe, innere Lage. *g* Oberhäutchen des Haarbalges. *h* Oberhäutchen des Haares. *i* Haar selbst.

Glashaut an der Aussenfläche glatt, innen dagegen mit zarteren oder dickeren, queren, oft zusammenhängenden Linien bedeckt, die wie die Haut selbst in verdünnten Säuren und Alkalien sich nicht verändern, ausser dass sie etwas erblassen und, wie Profilansichten lehren, der Ausdruck leistenförmiger Züge sind, die zwischen die Zellen der Haarbalgoberhaut eingreifen.

Die Haarpapille, *Papilla pili* (Fig. 175*p*), weniger passend auch Haarkeim, *Pulpa pili*, genannt, gehört dem Balge an und entspricht einer Cutispapille. Dieselbe ist eine grosse, einfache, ei-, kegel- oder pilzförmige, 110 bis 300 μ lange, 50—220 μ breite Papille, die durch einen kurzen Stiel mit der Bindegewebslage des Haarbalges zusammenhängt, eine vollkommen scharfe Begrenzung, sowie eine ganz glatte Oberfläche besitzt und aus einfacher Bindesubstanz ohne Fibrillen und elastische Fasern mit zahlreichen farblosen oder pigmentirten Bindegewebskörperchen besteht. Im Innern enthält dieselbe auch beim Menschen, wie bei Thieren Gefässe, dagegen ist von dem Vorkommen von Nerven in ihr nichts bekannt.

Ueber die Blutgefässe der Haarbälge sei nun noch bemerkt, dass dieselben ungemein zahlreich sind und vom *Scrotum* leicht mit Blut gefüllt sich erhalten und in konzentrirtem Glycerin und *Kali causticum* gut untersuchen lassen. In der Längsfaserschicht verlaufen dieselben besonders der Länge nach, bilden oft wie wundernetzartige Geflechte und auch Kapillarnetze, von denen jedoch die feinsten, vorwiegend querverlaufenden in der Ringfaserhaut sich finden, wo sie nur noch 6,7 μ messen.

Die Oberhaut der Haarbälge (äussere Wurzelscheide der Autoren) ist die Fortsetzung des *Stratum Malpighii* der Oberhaut und kleidet den ganzen Haarbalg aus, indem sie in seiner unteren Hälfte der Glashaut, weiter oben, wo diese und die Ringfaserlage nicht mehr da sind, der Längsfaserschicht unmittelbar aufsitzt. Im Baue entspricht dieselbe vollkommen der Keimschicht der Oberhaut, nicht nur in dem Vorkommen von Faden- oder Riffzellen, sondern auch darin, dass ihre äussersten Zellen, die beim Neger überall, beim Weissen wenigstens an den Haaren der *Labia majora* nach oben zu braun sind, häufig senkrecht stehen. Diese Zellen sind es auch, die mit den Leistchen der Glashaut wie verzahnt sind und bemerke ich noch, dass diese Leistchen oft so dicht stehen, dass die Basis einer einzigen Zelle mit Theilen von 2—3 Leistchen in Verbindung steht, so dass im Profilbild die Keimschicht am Rande wie dicht gezackt erscheint. Im Grunde des Haarbalges hängt die Oberhaut des Haarbalges, indem ihre Elemente niedriger werden und auf eine oder zwei Lagen sich verschmälern, unmittelbar und ohne Abgrenzung mit den Zellen der Haarzwiebel zusammen, die die Haarpapille überziehen. Oberhalb der Mündung der Talgdrüsen geht ausser der *Malpighi*'schen Lage auch die Hornschicht der Epidermis in die Haarbälge hinein und von diesem Punkte an aufwärts hat dann auch die erstere ein gut entwickeltes *Stratum granulosum* mit rundlichen kleinen *Eleidin*-Körnern (Fig. 180).

Die *Malpighi*'sche Lage der Haarbälge ist im Allgemeinen ungefähr 3—5 mal so dick als die Wurzelscheide des Haares, und misst an stärkeren Haaren an den dicksten Stellen 40—67 μ und besteht aus 5—12 Zellenlagen. Unten im Haarbalge ist dieselbe am dünnsten und zeigt hier oft nur eine

einzige Zellenlage. Von hier an verdickt sich dieselbe nach oben rasch und erreicht in der Regel in der Mitte des Haarbalges ihre grösste Stärke. Von hier nimmt sie bis zur Insertion der *Arrectores* meist nur wenig ab und kann hier wiederum eine bald einseitige, (siehe bei *Ebner* Fig. 17) bald ringsherumgehende kragenähnliche Verdickung (S. § 71), ja in manchen Fällen selbst erheblichere wie gelappte Auswüchse zeigen, da wo die Muskeln sich ansetzen.

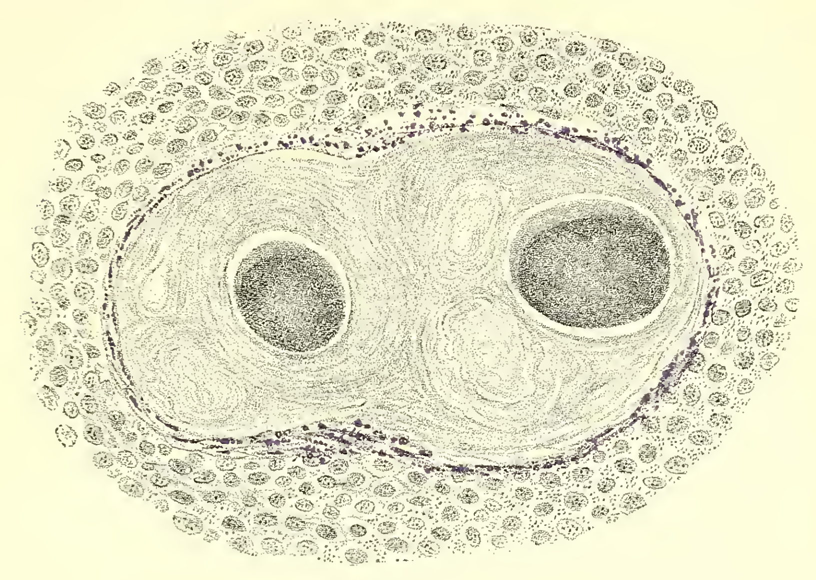


Fig. 180.

Von hier nach oben verdünnt sich die Lage sehr bedeutend, um endlich an der Mündung der Bälge meist wiederum sich zu verbreitern.

An den Haarbälgen von Kolbenhaaren kommen mannigfache eigenthümliche Gestaltungen der Oberhautlage der Haarbälge vor, wovon unten mehr.

Die Hornschicht der Haarbalgoberhaut ist anfänglich dünner als die *Malpighi*'sche Lage, wird aber gegen die Mündung der Bälge zu dicker und übertrifft zuletzt die Keimschicht um ein bedeutendes. Wie weit dieselbe in die Haarbälge hineingeht, ist nicht leicht zu sagen. Gewöhnlich werden die Elemente der *Malpighi*'schen Lage in der Gegend, wo die Wurzelscheide des Haares endigt, platt und immer platter und diese Lage geht dann unmerklich oberhalb der Talgdrüsen in eine echte Hornschicht über.

Moleschott und *Chapuis* verdanken wir eine genauere Untersuchung und Maassbestimmungen einzelner Theile der Haarbälge, namentlich mit Zugrundelegung der früher vernachlässigten Querschnitte, die von in Essigsäure aufbewahrten und dann getrockneten Theilen angefertigt wurden, doch kann ich die, wie es scheint, einzig und allein auf die Untersuchung der Kopfhaut Eines Menschen gestützten Zahlenangaben

Fig. 180. Querschnitt durch den obersten Theil zweier in einem Balge befindlicher Haare mit der sie umgebenden Hornschicht und einem Theile der *Malpighi*'schen Lage mit dem *Stratum granulosum.* Von der Kopfhaut. St. Vergr.

nicht als allgemein massgebend betrachten, so wie ich auch mit einigen anderen Auffassungen nicht übereinstimme.

Die queren Leistchen der Glashaut stehen bald ungemein dicht, bald weiter voneinander entfernt und stellen einfach Verdickungen dar. Einzelne derselben sind kurz, andere länger, viele selbständig, andere mit ihren Nachbarn verbunden zu ästigen oder netzförmigen Zügen. In seltenen Fällen trägt die Glashaut innen stärkere, in grösseren Zwischenräumen vorkommende Leisten von 20—40 μ Höhe und mehr, (Fig. 181) die in die äussere Wurzelscheide eindringen und dieselbe in ringförmige Wülste zerlegen, deren Zahl bis zu 15 gehen kann. (S. auch *Unna* in Mikr. Arch. XI Fig. 9.) In solchen und anderen Fällen fand ich auch an Längsschnitten eine auch von *Unna* wahrgenommene feine Punktirung der Glashaut, wie wenn sie aus queren Fäserchen bestünde oder Poren enthielte, wie sie *Bonnet* bei Thieren gesehen hat. Die im Texte erwähnten Längslinien der Glashaut von unbekannter Bedeutung sind sehr zart und liegen nach aussen von den Leistchen. Man vergleiche auch *Bonnet* l. i. c. Nach *Mertsching* überzieht die Glashaut der Haarbälge einerseits auch die Papille und soll auf der anderen Seite bis zur Mündung der Haarbälge gehen und in die Grenzschicht zwischen Cutis und Epidermis sich fortsetzen. Soll mit dieser Angabe nur gesagt sein, dass die Glashaut nirgends eine bestimmte Endigung zeigt, so kann ich ebenso wie *v. Ebner* und *Unna* mit derselben übereinstimmen, dagegen habe ich bis jetzt weder an der Papille, noch in den oberen Theilen des Haarbalges eine Glashaut für sich darzustellen vermocht, wie dies an den anderen Orten so leicht geht. Ebenso wenig bin ich einverstanden, wenn dieser Autor die spitzen Ausläufer der Zellen der Haarbalgoberhaut mit der Glashaut verschmelzen lässt, indem diese beiderlei Theile immer leicht sich trennen. *Mertsching* fand einzelne Kerne in der Glashaut, die mir bis jetzt nicht zu Gesicht kamen, aber leicht von Wanderzellen abstammen hönnten. — Einfache Verdickungen der Glashaut im unteren Theile der Haarbälge sind nicht selten (*Unna, Stöhr.*)

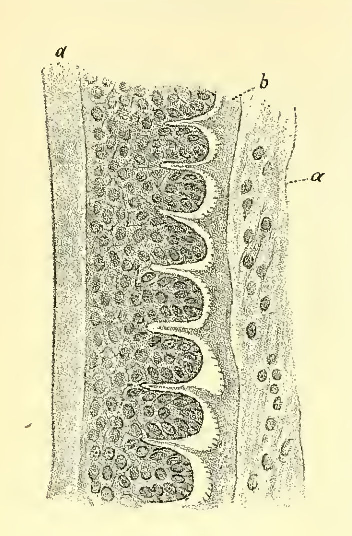


Fig. 181.

Ueber die Nerven der Haare liegen zahlreiche Untersuchungen bei Säugethieren vor, die lehren, dass die Haare ungemein reich mit solchen versehen sind. Bei den kleineren Haaren treten die Nerven aus der Tiefe an den Haarbalg und verlaufen bis zu einer Einschnürung unterhalb der Talgdrüsen, wo sie bis zur Glashaut dringen, indem sie zugleich wiederholt sich theilen, um endlich in Längsfalten der genannten Haut als marklose Fasern der Länge nach aufwärts bis zum obern Ende der Einschnürung zu gelangen. Gewisse dieser Haare (Ohr der Ratte und Maus, *Narissae* vom Pferd) haben eine grössere Zahl von Nerven und bilden dieselben hier an der angegebenen Stelle eine äussere ringförmige und eine innere longitudinale Lage von marklosen Fasern. — An den grossen sogenannten Spür- oder Tasthaaren, den Sinushaaren von *Merkel*, finden sich noch mehr Nerven, die an derselben Stelle enden, die jedoch hier einen Wulst der Haarbalgscheide zeigt. Die Nerven ziehen von unten durch den Blut-*Sinus* des Haarbalges innerhalb besonderer bindegewebiger Balken und gehen nach oben in einen kelchartigen Plexus über, der aus zwei Lagen besteht. Die oberflächlichen Elemente gelangen in die Gegend der Anschwellung der Wurzelscheide, durchboren die Glashaut und enden in der Wurzelscheide selbst. Die tiefen Elemente verlaufen in der Richtung gegen die Haarzwiebel zu weiter abwärts und enden wie die

Fig. 181. Längsschnitte eines Theiles eines Haarbalges des Menschen. Mittl. Vergr. *a* Bindegewebiger Theil des Balges, *b* Glashaut mit sehr starken Leisten und Andeutung von zwei Schichten, *c* Haarbalgscheide nach aussen gekerbt, *d* Haarscheide.

anderen. Bei gewissen Haaren treten auch von oben her Nerven zu der genannten Region der Haarbälge und bilden oberhalb der Anschwellung der Haarbalgscheide einen zierlichen Nervenring, dessen Endverhalten unbekannt ist.

In Betreff der bis jetzt an den Sinushaaren gefundenen Endigungen dieser Nerven stehen sich zwei Ansichten gegenüber. Nach *Merkel* und *Ranvier* finden sich hier innerhalb der Glashaut dieselben Tastzellen, wie in der äusseren Haut, an denen die Nerven enden. Nach *Dietl* und *Bonnet* u. A. dagegen hören diese Nerven zwischen den Epithelzellen der Haarbalgscheide mit besonderen Endknöpfchen oder Endknospen auf, neben welchen Enden auch ausserepitheliale beschrieben werden.

In der Haarpapille sind noch nirgends Nerven gefunden worden.

Ohne reichere Erfahrungen über die Nerven der Haare zu haben, kann ich doch anführen, dass ich die von *Merkel* im Mikr. Arch. 11 Tafel 43 Fig. 13 gegebene Abbildung nach einem Präparate desselben als richtig anerkennen muss. An eigenen, mit Gold angefertigten Präparaten von Haaren der Schnautze des Schweines glaube ich entschieden freie Enden innerhalb der Glashaut gesehen zu haben, wie sie *Bonnet* abbildet. Fassen wir die Tastzellen *Merkel's* nicht als terminale Nervenzellen auf, sondern wie bei der Haut, als mehr nebensächliche Bildungen, so würden dann die beiden Aufstellungen nicht erheblich von einander verschieden sein.

Vom Menschen beschreibt allein *Jobert* (Compt. rend. 1880) ähnliche Nervenendungen wie bei den kleineren Haaren von Thieren an gewissen Haaren der Antlitzhaut, die er als wahre Tasthaare bezeichnet und von denen er namentlich die Cilien namhaft macht. In der Haut anderer Gesichtsgegenden sind die Haare, wie *J.* sagt, nur z. Th. Tasthaare und diese haben weniger Nerven als die Cilien. Ich selbst sah beim Menschen nie Nerven in der Zwiebel, fand dagegen nicht selten solche seitlich an den Haarbälgen, die einzelne getheilte Röhren in die Substanz derselben abgaben. (Mikr. Anat. II 1, S. 125.)

§ 71.

Entwickelung der Haare und Haarwechsel. Die Haare entwickeln sich am Ende des 3. oder am Anfange des 4. embryonalen Monates und zwar in der Weise, dass die Schleimschicht der Oberhaut kleine zapfenförmige Wucherungen nach innen bildet, die sogenannten Haarkeime, oder genauer bezeichnet, die Anlagen der Haare und der Wurzelscheide und eines Theiles der Haarbälge, nämlich der Oberhaut derselben. Diese ganz und gar aus Zellen bestehenden Fortsätze der Oberhaut nun erhalten von der *Cutis* eine Umhüllung (Fig. 182), welche anfänglich nicht gerade als etwas selbständiges auftritt, vielmehr erscheint, wie in allen solchen Fällen, die Epidermiswucherung als das Wesentliche und Bestimmende und tritt die Umhüllung von den gefässhaltigen Theilen aus erst später mehr hervor und stellt dann den der *Cutis* angehörenden Theil des Haarbalges dar. Im weiteren Verlaufe nun gestalten sich die Wucherungen der Schleimschicht der Oberhaut zu längeren flaschenförmigen Gebilden, in deren Grund von der Anlage des Haarbalges aus eine Wucherung sich hinein bildet, die Anlage der Haarpapille, in der nach *Remak* schon früh Gefässe sichtbar werden. Ist die Papille angelegt, so entsteht auf derselben gleichzeitig die erste Spur des Haares und seiner Wurzelscheide in Gestalt eines ganz niedrigen Kegels, indem die die Papille bedeckenden Zellen sich verlängern. Dieser Kegel wächst rasch in die Länge und zeigt immer deutlicher eine Zusammensetzung aus zwei Lagen, indem seine äusseren Elemente sich aufhellen und nun deutlich die Wurzelscheide darstellen, während die inneren, die eigentlichen haarbildenden Zellen, mehr undurchsichtig sich erhalten. Somit ist das erste, was vom Haare da ist, seine Matrix oder das letzte Wurzelende auf der Papille. Sobald aber auch nur einige Lagen verlängerter Zellen

von dieser aus sich gebildet haben, kann man schon von einem ganzen Härchen reden und deswegen auch sagen, dass die Haare, sobald ihre Anlagen sichtbar werden, *in toto* gegeben sind, nur dass diese Haaranlagen eine geringe Länge haben.

Einmal gebildet wuchern die Härchen mit ihrer Wurzelscheide und brechen

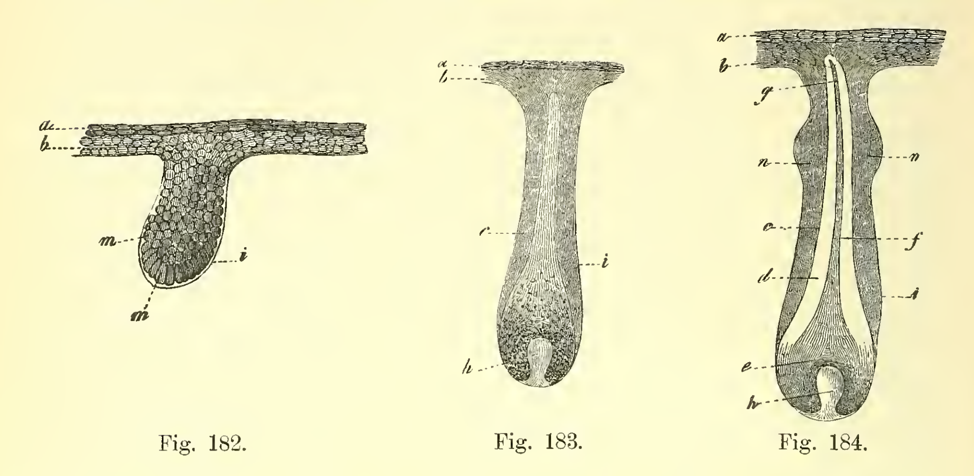


Fig. 182. Fig. 183. Fig. 184.

bald durch, ein Vorgang, der dadurch zu Stande kommt, dass die Hornschicht der Epidermis abgehoben wird, oder durch Abschuppungen verloren geht. Dieses Durchbrechen der Haare beginnt am Ende des 5. Monates am Kopfe und der Augenbrauengegend, und endet in der 23.—25. Woche an den Extremitäten. Die eben durchgebrochenen Haare haben eine sehr regelmässige Stellung (*Eschricht*). Es konvergiren dieselben nämlich nach gewissen Linien hin und divergiren von gewissen Punkten oder Linien aus, sodass sie eigenthümliche federartige Anordnungen, Wirbel, Kreuze u. s. w. bilden.

Die embryonalen Haare (Wollhaare, *Lanugo*), welche niemals eine Marksubstanz besitzen, wachsen, einmal hervorgebrochen, bis gegen das Ende des Embryonallebens fort und können, namentlich am Kopfe, einen ziemlich dichten Ueberzug bilden, doch finden sich in dieser Beziehung grosse Verschiedenheiten. Schon während des embryonalen Lebens fällt auch ein Theil dieser Haare aus, kommt in das Schafwasser zu liegen, wird unter Umständen vom Fötus ver-

Fig. 182. Haaranlage von der Stirn eines 16 Wochen alten menschlichen Embryo, 350 Mal vergr.; *a* Hornschicht der Oberhaut; *b* Keimsicht derselben; *i* strukturlose Haut aussen um die Haaranlage herum, die sich zwischen Keimschicht und Corium fortzieht; *m* rundliche, zum Theil längliche Zellen, welche die Haaranlage vorzüglich zusammensetzen.

Fig. 183. Anlage eines Augenbrauenhaares von 475 μ, 50 Mal vergr., deren innere Zellen einen deutlichen Kegel bilden, noch ohne deutliches Haar, aber mit Papille. *a* Hornschicht der Oberhaut; *b* Keimschicht derselben; *c* Oberhaut des späteren Balges; *i* strukturlose Haut aussen an derselben; *h Papilla pili.*

Fig. 184. Haaranlage von den Augenbrauen mit eben entstandenem, aber noch nicht durchgebrochenem Haare von 630 μ Länge. Die Wurzelscheide überragt oben die Haarspitze in etwas und seitlich am Halse des Balges zeigen sich in Gestalt zweier warzenförmigen Auswüchse der Haarbalgoberhaut die ersten Anlagen der Talgdrüsen.

schluckt und findet sich dann im Darmkanal und den Fäkalmassen (*Meconium*), welche gleich nach der Geburt entleert werden. Bald nach der Geburt fällt die *Lanugo* ganz aus und bilden sich neue Haare an der Stelle der verlorenen. Bei dieser Neubildung von Haaren, die vor Jahren von mir beim Menschen aufgefunden wurde, ist das erste, dass das Wachsthum des alten Haares aufhört und die untersten Elemente seiner Zwiebel verhornend zu Plättchen der Rindensubstanz sich umgestalten und einen eigenthümlichen, an seiner Oberfläche oft stark zerfaserten Kolben darstellen, der mit *Henle* Haarkolben heissen kann, während wir die Haare, die solche Enden tragen, Kolbenhaare nennen wollen. Der Grund, der das Aufhören des normalen Wachsthumes der Haare bedingt und die Neubildung von Ersatzhaaren herbeiführt, ist unbekannt und lässt sich nur soviel sagen, dass bei den Säugethieren der Haarwechsel ein periodischer ist, (ebenso der Federnwechsel oder die Mauser bei Vögeln) und mit dem Wechsel der Jahreszeiten zusammenfällt. Beim Menschen bildet nur das Ende des Fötallebens, ebenso wie bei Thieren, eine solche Periode und ist in späteren Zeiten nur ausnahmsweise ein regelrechter Wechsel zu finden. Mit Bezug auf die genaueren Vorgänge, die beim Haarwechsel statt haben, so ist es das Verdienst von *v. Ebner,* die hierbei stattfindenden Vorgänge genau verfolgt zu haben, die folgendermassen sich gestalten. Ohne den Grund, warum die Haare zu wachsen aufhören, zu erklären, nimmt *v. Ebner* an, dass, sobald ein Stillstand in der Bildung der Haare eintrete, der unterste Theil des Haarbalges durch die umgebenden Weichtheile zusammengedrückt und so das Haar von seiner Papille abgehoben werde und nach oben rücke. Solche Haarbälge bieten das in Fig. 185 dargestellte Bild. Das abgestorbene Haar ist mehr weniger weit über die Papille heraufgerückt, hat einen bald grösseren, bald kleineren Kolben und steckt mit demselben wie in einer Anschwellung der Elemente der Oberhaut des Haarbalges drin. Unterhalb des Kolbens ist der Haarbalg mit seinem bindegewebigen Theile ziemlich gut entwickelt, im Innern dagegen enthält derselbe einen schmäleren Strang von Oberhautzellen, die die unmittelbare Fortsetzung derer sind, die den Haarkolben umhüllen, und zu unterst eine Papille umschliessen, die kleiner ist als bei den benachbarten wachsenden, lebenskräftigen Haaren und ungestielt. Unterhalb dieser Papille endet der Haarbalg nicht wie sonst abgerundet, sondern geht in einen kürzeren oder längeren Bindegewebsstrang über, den *Werthheim* vor Jahren als Haarstengel beschrieb. Solche Haarbälge nicht mehr wachsender Haare, die noch keine Ersatzhaare enthalten, sind, wie *v. Ebner* richtig meldet, ohne den Haarstengel erheblich kürzer, als die von wachsenden oder Papillenhaaren und kann nicht bezweifelt werden, dass dieselben dadurch entstehen, dass der gesammte Inhalt der normalen Haarbälge, sowie das Wachsthum des Haares stille steht, mit Inbegriff der Haarpapille nach oben gedrückt oder getrieben wird, wobei das Haar selbst am weitesten herausgleitet. Die mechanischen Momente, die hierbei ins Leben treten, sind vor Allem der Druck der umgebenden Theile, denen, sowie das Wachsthum des Haares aufgehört hat, kein grösserer Gegendruck von Seiten des Innern des Haarbalges mehr entgegensteht. Ein zweites Moment ist da, wo *Arrectores* vorkommen, vielleicht in einem Zuge dieser Muskeln gegeben, die ja schon an normalen, wachsenden Haaren, wie in dem in Fig. 185 abgebildeten Falle, selbst ringsherum gehende Faltungen der Haar-

bälge und ihrer Oberhaut bewirken, die wie kragenähnliche Anhängsel aussehen. Da jedoch solche *Arrectores* nicht an allen Haaren vorkommen, so darf die Verkürzung der Haarbälge, die sie etwa bewirken könnten, nicht als wesentlich ausschlaggebend angesehen werden.

Unter den mechanischen Momenten, die den Haarbalg nach dem Aufhören des Wachsthums der Haare zusammendrücken, sind auch die so sehr zahlreichen, von *Stirling* nachgewiesenen elastischen Fasern, die die Haarbälge umgeben, gewiss nicht ohne Bedeutung (*Bonnet*), ferner kann die Frage aufgeworfen werden, ob die Ringfaserhaut der Haarbälge nicht wirklich eine kontraktile Muskellage sei und beim Zusammendrücken der Bälge der Kolbenhaare nicht auch eine Rolle spiele. Auf mich machte diese Lage schon bei ihrer ersten Auffindung den Eindruck glatter Muskeln und wenn ich auch davon zurückkam, dieselbe als muskulös aufzufassen (s. oben), so bin ich doch ebensowenig wie *v. Ebner* in der Lage, dieselbe mit voller Bestimmtheit histologisch einzureihen und *Bonnet* Unrecht zu geben, der diese Schicht ohne Weiteres für muskulös erklärt und sich auch darauf beruft, dass dieselbe in Borax und Indigkarmin ebenso sich färbe, wie die *Arrectores pilorum*.

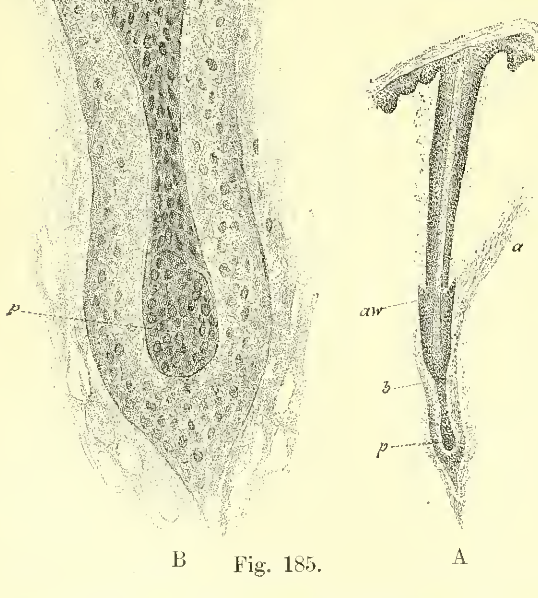


Fig. 185.

Längere oder kürzere Zeit, nachdem die ersten Haare aufgehört haben zu wachsen und in Kolbenhaare übergegangen sind, beginnt dann die Bildung der Ersatz- oder sekundären Haare. Dieselbe leitet sich ein durch Wucherungs- und Wachsthumserscheinungen in dem unter dem Kolbenhaare befindlichen, verkümmerten Theile der Haarbälge. Indem diese anschwellen und nach

Fig. 185. Ein Haar mit einer Knospe, *A* geringe, *B* starke Vergr. *p* Papille, *b* Haarbalg, *aw* eigenthümliche kragenförmige Falte der äusseren Wurzelscheide an der Ansatzstelle des *Arrector pili a*.

allen Richtungen sich vergrössern und zugleich die verkleinerte Papille des primären Haares wieder zunimmt, gestalten sich dieselben zu Fortsätzen, wie die Fig. 186 sie darstellt und in diesen entsteht dann, genau in derselben Weise wie bei der ersten Bildung der Haare auf der alten Papille ein neues, ein Er-

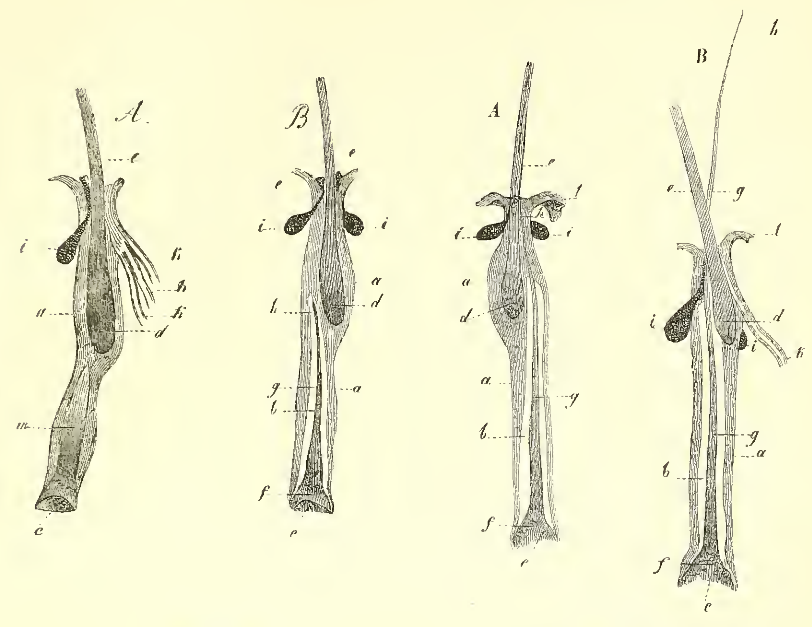


Fig. 186. Fig. 187.

satzhaar, welches das Kolbenhaar noch weiter emportreibt und schliesslich zum Ausfallen bringt (Fig. 187).

Unter welchen genaueren Verhältnissen beim Erwachsenen ein solcher Ersatz der ausfallenden Haare sich macht, ist nicht mit Bestimmtheit ermittelt, doch lässt sich aus dem Umstande, dass nicht nur bei jungen Leuten, sondern bis in die 60er Jahre hinein zu allen Zeiten an allen behaarten Stellen sowohl

Fig. 186. Ausgezogene Augenwimpern eines einjährigen Kindes, 20 Mal vergr. *A* Eine solche mit einem Fortsatze der Zwiebel oder äusseren Wurzelscheide von 552 μ, in welchem die centralen Zellen länglich sind (ihr Pigment ist nicht wiedergegeben) und als ein deutlicher Kegel von den äusseren sich abgrenzen. *B* Augenwimper, in deren Fortsatz von 675 μ Länge der innere Kegel in ein Haar und eine innere Wurzelscheide umgebildet ist. Das alte Haar ist höher heraufgerückt und besitzt ebenso wenig wie in *A* eine innere Wurzelscheide. *a* Aeussere, *b* innere Wurzelscheide des jungen Haares, *c* Grube für die Haarpapille, *d* Zwiebel, *e* Schaft des alten Haares, *f* Zwiebel, *g* Schaft, *h* Spitze des jungen Haares, *i* Talgdrüsen, *k* drei Schweisskanäle, die in A in den oberen Theil des Haarbalges einmünden. *l* Uebergang der äusseren Wurzelscheide in die Keimschicht der Oberhaut.

Fig. 187. Zwei Augenwimpern eines einjährigen Kindes. *A* mit einem jungen Haare, dessen Spitze schon bis an die Mündung des alten Balges reicht. *B* Das junge Haar ist gänzlich herausgetreten und kommen nun zwei Haare zu Einer Oeffnung heraus. Buchstaben wie vorhin, Verg. 20.

Kolbenhaare, als auch Neubildungen von Haaren vorkommen, mit Sicherheit der Schluss sich ableiten, dass dieselben sehr häufig sein müssen, ja sogar, wie wir durch *Leeuwenhoek* wissen, selbst periodisch auftreten können (*L.* berichtet, dass er alle Frühjahre, abgesehen von den Kopf- und Barthaaren, seine dichte Behaarung verlor und dieselbe in der kürzesten Zeit wieder ersetzte). Auf der anderen Seite ist sicher, dass je nach individuellen Verhältnissen bald früher bald später auch Haare absterben, ohne sich zu ersetzen. Wie lange Kolbenhaare sich erhalten, ist nicht bekannt. Unzweifelhaft ist, dass dieselben nicht wachsen, wie *Unna* ohne hinreichende Beweise früher behauptet hatte, und ist dies schon daraus zu entnehmen, dass dieselben bis dicht an den Kolben noch ihr Oberhäutchen besitzen, an dessen fortwährende Neubildung nicht gedacht werden kann (*Ebner, ich*), da ja dessen Bildungszellen gänzlich fehlen. Ferner weiss man auch durch leicht zu bestätigende Versuche von *Ranvier* und *Reinke*, dass wenn in einem Balge ein Papillenhaar und ein Kolbenhaar enthalten ist und dieselben geschnitten werden, nur das Papillenhaar nachwächst. Endlich haben *Reinke* und *Giovannini* gezeigt, dass in der Matrix der Papillenhaare sehr viele Mitosen vorkommen, in dem die Kolben der Kolbenhaare umgebenden Theile der Haarbalgoberhaut dagegen nur äusserst wenige, aus welchen Thatsachen allen folgt, dass den Kolbenhaaren unmöglich ein Wachsthum zugesprochen werden kann. Auf der anderen Seite ist nicht zu bezweifeln, dass die Kolbenhaare länger sich erhalten, als man zu glauben scheint, womit auch *Reinke* übereinstimmt. Denn selbst bei jungen Leuten sind viele Haare, die sich nicht leicht ausziehen lassen und die einzeln in einem Balge sitzen, Kolbenhaare. Hiermit stimmt auch, was *Langer* mittheilt, dass bei der Gemse, dem Hirsche und dem Rehe die Haare den ganzen Winter hindurch bis zum März Kolbenhaare seien, was mithin beweist, dass die Bildung eines Ersatzhaares nicht nothwendig rasch auf die Entstehung eines Kolbenhaares folgt. Es hat nun übrigens, wie ich noch beifügen muss, *Unna* in einer eben erschienenen kritischen Arbeit in Folge der Untersuchungen von *Reinke* und *Giovannini* seine Anschauungen über die Kolbenhaare, die in der Anmerkung wiedergegeben sind, in so weit geändert, dass er im Wesentlichen mit dem übereinstimmt, was ich hier darlegte. Jedenfalls bleibt diesem Forscher das Verdienst, die Aufmerksamkeit auf die früher zu wenig beachteten Kolbenhaare gelenkt und der richtigen Ansicht den Weg geebnet zu haben, die

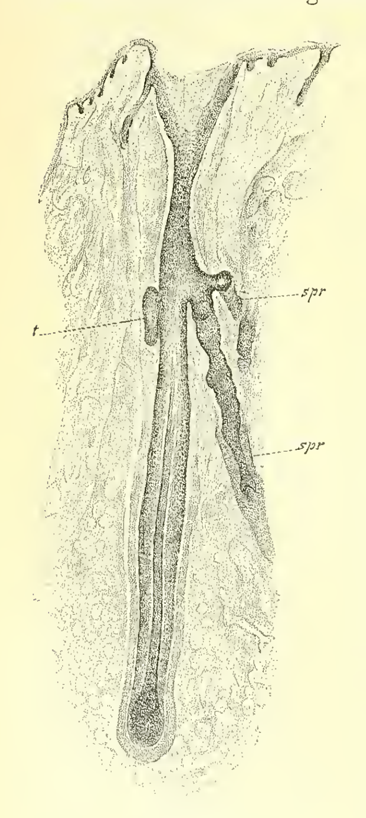


Fig. 188.

Fig. 188. Ein Haarbalg mit zwei Haarknospen *spr* und Talgdrüse *t*. Ger. Vergr.

jetzt zum Durchbruche gekommen ist. Eine Neubildung von Haaren nach fötalem Modus kommt in der nachembryonalen Zeit in mehrfacher Weise vor. Erstens treiben die primitiven Haarbälge in vielen Fällen aus ihrer Oberhaut Sprossen hervor, die Haare in sich entwickeln und geben den zusammengesetzten Haarbälgen den Ursprung, die 3—5 und mehr Haare aus Einer Mündung hervorkommen lassen, wie sie besonders in der Kopfhaut vorkommen (Fig. 188). Zweitens findet sich aber auch selbst bei Erwachsenen eine Bildung von Haaren von der Epidermis aus, wovon ich mich, wie *Hesse*, in der Kopfhaut des Menschen überzeugte.

v. Ebner hat in einer vorzüglichen Abhandlung die mechanischen Vorgänge bei der Entstehung und dem Wachsthume der Haare auseinandergesetzt, auf welche hiermit verwiesen wird. Besonders gelungen erscheint der Nachweis, dass die Wurzelscheide rascher wachse als das Haar, in Folge wovon das Oberhäutchen der ersteren mit den Kanten seiner Schüppchen abwärts, dasjenige des Haares aufwärts gerichtet sei.

In Betreff des Haarwechsels hat sich noch kein Einklang der Beobachter ergeben. Während *Langer, ich* und *v. Ebner* die Ersatzhaare auf den alten Papillen entstehen lassen, behaupten *Steinlin* und *Stieda*, dass diese Haare auf neuen Papillen sich bilden und *Unna* hält beide Fälle für möglich, ebenso wie *Ranvier*.

In neuester Zeit hat *Stieda* seine alte Behauptung, dass die Ersatzhaare auf neuen Papillen entstehen, neu zu begründen versucht, wie mir scheint mit nicht mehr Glück als früher. Der entscheidende Punkt ist der, ob Fortsätze der Haarbälge, wie diejenigen, in denen die Ersatzhaare sich bilden, vorkommen, die keine Papille enthalten. Ich habe noch keine solchen gefunden und so lange dieselben nicht nachgewiesen sind, bleibt die von *Langer*, *mir* und *Ebner* vertheidigte Lehre zu Recht. Was die von *Stieda* beliebte Herbeiziehung der Zähne in dieser Frage soll, ist mir nicht klar. Die Papille eines fertigen Zahnes hat ihre Rolle ausgespielt und bildet kein Zahnbein mehr und ebenso das Schmelzorgan. Beim Haare dagegen sind die entsprechenden Theile, Papille und Haarkeim, unmittelbar vor dem Haarwechsel noch in voller Thätigkeit und können sich so leicht auch an der Bildung eines neuen Haares betheiligen.

Eine besondere Ansicht vertrat bis vor kurzem *Unna*, dem wir viele gute Beobachtungen über die Hautorgane verdanken. Derselbe nannte die Kolbenhaare Beethaare und die Verbreiterung des Haarbalges, welcher den Kolben dieser Haare enthält Haarbeet und nahm an, dass diese Haare noch fortwachsen, für welche Annahme er auch das Fehlen des Oberhäutchens an den unteren Theilen derselben anführt. Wie jedoch schon *Ebner* nachweist, haben auch die Kolbenhaare weit unten ihr Oberhäutchen und ist sicher nicht daran zu denken, dass diese Haare noch erheblich fortwachsen, wenn auch zugegeben werden kann, dass die Kolben dieser Haare anfänglich weniger verhornte Zellen darbieten als später und nach und nach sich etwas verdicken und auch mehr zerfasern. Wie wir oben sahen, hat nun *Unna* (Vierteljahrschr. f. Dermat. 1888) diese Ansicht aufgegeben und betont jetzt nur das, was auch ich für richtig halte, dass die Kolbenhaare oft lange sich erhalten. Ganz unberechtigt ist die Annahme *Götte's*, der *Unna's* Beethaare Schalthaare nennt und behauptet, dass dieselben ohne Vermittelung von Papillen aus den Zellen der Oberhaut der Haarbälge entstehen.

Die zusammengefallenen Haarbälge der Kolbenhaare, d. h. der in ihnen enthaltene Strang von Oberhautzellen zeigt oft eigenthümliche Formen. In der Längsansicht ist derselbe manchmal mit starken und vielen Zacken versehen (*Schulin* Taf. XVI, Fig. 8 und 9) und im Querschnitte in verschiedenem Grade gezackt und sternförmig (*v. Ebner* Taf. II, Fig. 19) und bietet namentlich die so auffallende letztgenannte Gestalt ein gutes Mittel dar, um an Flächenschnitten rasch über die Menge der Kolbenhaare und ihre Stellung sich zu unterrichten.

Es erübrigt noch der eigenthümlichen Anschauungen zu gedenken, welche vor kurzem *Mertsching* aufgestellt hat. Nach diesem Autor hängen im Grunde des Haarbalges 1. die tiefsten Zellen der Haarbalgscheide mit den Markzellen des Haares, 2. die übrigen Zellen dieser Schicht, auf Eine Lage verschmälert, mit der Rindensubstanz des

Haares, 3. die *Henle*'sche Schicht mit dem Oberhäutchen des Haares, und 4. die *Huxley*'sche Lage mit dem Oberhäutchen der Haarwurzelscheide zusammen. Wäre diese Darstellung richtig, so ergäben sich die wunderbarsten Folgerungen in Betreff der Entstehung des Oberhäutchens des Haares und der Haarwurzelscheide (innere Wurzelscheide), die ich nicht weiter darzulegen brauche. Wenn *M.* sich etwas einlässlicher mit Haarstudien befassen will, so wird er bald zur Einsicht kommen, dass das Haar und seine Wurzelscheide mit allen ihren Theilen vom Grunde des Haarbalges aus nach oben wachsen. Selbst das Haarmark entsteht nicht so, wie er es darstellt, indem dasselbe nur aus den Zellen hervorgeht, die auf der Spitze der Papille sitzen, während die die Papille seitlich und unten bekleidenden Zellen, wie die Fig. 175 zeigt und wie auch *Unna* und *v. Ebner* die Sache auffassen, in die anderen 5 aufwärts wachsenden Lagen übergehen. Und die vielen Haare, Wollhare und andere, die kein Mark besitzen, hat *M.* ganz ausser Acht gelassen! Was wird denn hier aus seinen cylindrischen Keimschichtzellen? — Mittlere Längsschnitte durch menschliche Haare sind nicht schwer zu gewinnen und solche zeigen typisch das, was in der eben erwähnten Figur dargestellt ist.

Sehr auffallende Bildungen beschreibt *Bonnet* unter dem Namen Haarspindeln und Haarspiralen von einem Theile der jungen Winterhaare des Pferdes. In den Haarbälgen dieser Haare war die Haarspitze unterhalb der engsten Stelle derselben in der Gegend der Talgdrüsen verschiedentlich wellenförmig oder spiralig gedreht und fanden sich ausserdem auch noch oft eigenthümliche grosse, spindelförmige Anschwellungen zu 1—3 an einem Haare, zwischen welchen das Haar auch gewunden war. Die Spindeln betrachtet *B.* als Bildungsanomalien und die Spiralen erklärt er aus den Widerständen, die der engste Theil der Haarbälge dem noch weichen Haare darbietet, wobei er an die schon von *Simon* beschriebenen Windungen der Haarspitzen durchbrechender Haare von Schweinsembryonen erinnert.

Zur mikroskopischen Untersuchung wählt man am besten vor Allem ein weisses Haar und seinen Balg, nachher auch gefärbte. Querschnitte von Haaren erlangt man dadurch, dass man sich zweimal kurz hintereinander rasirt (*Henle*), oder am besten an Flächenschnitten erhärteter Kopfhaut, welche auch schöne Längsschnitte in beliebiger Feinheit liefert. Die Haarbälge untersuche man einzeln mit oder ohne Haar oder an Querschnitten getrockneter Haut; durch Zerzupfen kann man die verschiedenen Schichten derselben trennen, durch Essigsäure die Kerne der beiden äusseren erkennen; die Papille sieht man am besten in den Bälgen weisser Haare. Die äussere Wurzelscheide folgt beim Ausreissen der Haare meist mit ihrem obern Theile, oft ganz mit, und löst sich an erweichter Haut ungemein leicht mit dem Haare; ihre Zellen sieht man ohne Zusätze oder durch etwas Essigsäure und Natron. Die innere Wurzelscheide findet sich an ausgerissenen Haaren oft ganz, und kann schon ohne weitere Vorbereitung oder nach Ablösung der äusseren Scheide in allen ihren Theilen erkannt werden. Noch deutlicher machen sie Natron und Kali in kurzer Zeit. Die Oberhäutchen müssen vorzüglich mit Alkalien und Schwefelsäure erforscht werden, ebenso das Haar selbst, worüber das Wichtigste schon angegeben wurde und Ausführlicheres bei *Donders* und *Moleschott* (l. l. c. c.) zu lesen ist, nur das hebe ich hervor, dass auch hier Anwendung eines höheren Wärmegrades viele Zeit erspart. — Will man die Haare beim Fötus erforschen, so zieht man, wenn derselbe jünger ist, einfach die Oberhaut ab und findet an der Innenfläche die Anlagen derselben; an älteren Embryonen macht man feine Hautdurchschnitte. Oft löst sich beim Ausziehen embryonaler Haare der ganze Epidermisantheil der Haarbälge mit ab und geben solche Haare schöne Objekte zum Studium der Regeneration ab. Für das Studium der ersten Haarentwickelung liefert der Bast des Reh- und Hirschgeweihes die schönsten mir bekannten Präparate. Die Nerven der Haare von Thieren untersucht man an Osmium- und Goldpräparaten auf Schnitten.

Litteratur. *Kölliker*, in Mitth. der Zürch. naturf. Ges. 1847, p. 177, und 1850, Nr. 41; *Hessling*, in Fror. Not. 1848, Nr. 113, *Langer* in den Denkschr. d. Wien. Akad. 1850; Bd. I., *F. Reissner*, De hominis mammal. pilis Dorp. 1853. Dissert. und Beitr. z. Kenntn. der Haare, 1854 mit 2 Taf.; *C. B. Reichert*, in Zeitschr. f. klin. Med. 1855, Bd. VI, p. 1; *J. H. Falck*, De hominis mammaliumque domest. pilis Diss. Dorp. 1856; *Donders*, Unt. über d. Entwickelung u. den Wechsel der Cilien, Arch. f. Ophthalm. Bd. IV. 1, p. 286: *A. Spiess*, Das Verhalten der Centraltheile des Haares

im physiol. und path. Zustande, in Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. V, p. 1; *J. A. Moll*, Ueber den Haarwechsel, Arch. f. holländ. Beitr. II, p. 169; *P. Chapuis*, Rech. s. la Struct. des poils et follic. pileux, in Annales d. sc. nat. XIII, p. 353, ders. und *Moleschott*, in *Molesch.* Unters. Bd. VII, p. 325; *G. Wertheim*, in Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. 50; *O. Schrön*, in *Moleschott's* Unters. Bd. IX, St. 363; *Landois*, in *Virch.* Arch. Bd. 35, 1866; *Götte*, in Mikr. Arch. Bd. 4; *Stieda*, in *Müll.* Arch. 1867, und Biol. Centr. Bd. 7; *Feiertag*, über die Bildung des Haares. Dorpat. 1875; *Schulin*, in Marb. Ber. 1876 und Zeitschr. f. Anat. u. Entw. Bd. II; *Unna*, in Mikr. Arch. Bd. 12, 1876; *v. Ebner*, in Wiener Ber. 1876, Bd. 74.; *Pincus*, in Arch. f. Anat. u. Phys. 1871, in Arch. f. Dermat. 1872; *Duval*, im Journ. de l'Anat. 1873; *Remy*, im Journ. de l'Anat. 1878, p. 352 u. 1880; *G. Schweninger*, üb. Transplantation und Implantation von Haaren. München 1875; *Mähly*, Anat. der Cilien. Rostock 1879, Diss.; *Waldeyer*, in Festschrift für *Henle* 1882 und Atlas der menschl. und thier. Haare. Lahr 1884; *Renaut*, in Compt. rend. 1880. I., p. 91; *Flemming*, in Monatsschrift f. pr. Dermat. 1883. Bd. II; (Drillingshaar innerhalb Einer Wurzelscheide) und Viertelj. f. Dermat. Bd. III, (Mitosen in Haaren); *Lesser, E.* in Viertelj. f. Dermat. 1885/86 und Allg. Wiener med. Zeit. 1885 (Ringelhaare); *Riehl*, in Viertelj. f. Dermat. 1884. *Diesing*, in *L. Gerlachs* Beiträgen 1884 (Arrectores); *Bonnet*, in Morph. Jahrb. Bd. XI, 1885; *Reinke*, in Mikr. Arch. Bd. 30; *Giovannini*, in Viertelj. f. Dermat. 1887; *Stöhr*, in Würzb. Verh. Bd. 20; *Mertsching*, in Mikr. Arch. Bd. 31. Von den Haarnerven handeln: *Jobert*, in Ann. d. sc. nat. XVI. 1872; *Dietl*, in Wiener Ber. 1871—73; *Schöbl*, in Mikr. Arch. Bd. 9, 1873; *Redtel*, in Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 23, 1873; *Jobert*, in Compt. rend. Bd. 80, 1875; *Merkel*, in Mikr. Arch. Bd. XI, 1876; *Arnstein*, im Wiener Ber. Bd. 74, 1876; *Bonnet*, in Morph. Jahrb. Bd. IV, enthält die gesammte Litteratur bis zum Jahr 1878; *Löwe*, in Mikr. Arch. Bd. XV; *Richiardi*, in *Schwalbe's* Jahresber. 1883, S. 267. Die vergleichende Anatomie der Haare ist behandelt von *Heusinger*, in Meck. Arch. 1822, 1823 und System der Histiologie; *Erdl*, in Abh. d. Münch. Akad. II, III; *Gegenbaur*, in Verh. d. phys.-med. Ges. zu Würzburg 1850 und Zeitschr. f. wiss. Zool. III. p. 13; *Steinlin*, in Zeitschr. f. rat. Med. Bd. IX; *Leydig*, in *Müll.* Arch. 1858, p. 686, 706 ff.; *H. Welcker*, Ueber die Entw. u. d. Bau d. Haut und d. Haare von *Bradypus*, Halle 1864 (Abh. d. nat. Ges. zu Halle. Bd. IX); *Lwoff W.*, Beitr. z. Histol. d. Haares, der Borste, des Stachels u. d. Feder im Moskauer Bulletin. 1884; *Paladino e Lanzilotti-Buonsanti* im Bull. dei naturalisti e medici, Napoli 1871; *Nathusius, v.*, das Wollhaar des Schafes. Berlin 1866; *Stieber*, über die Entwickelung und den Bau des Wollhaares beim Schafe. Breslau 1887. Diss.

IV. Von den Drüsen der Haut.

A. Von den Knäueldrüsen.

§ 72.

Die Knäueldrüsen, *Glandulae glomiformes*, *Meissner*, gemeinhin Schweissdrüsen, *Glandulae sudoriparae*, geheissen, sind einfache, röhrenförmige Drüsen, welche je nach den einzelnen Gegenden ein verschiedenes Sekret liefern, das Fett, Fettsäuren, Eiweisskörper, Harnstoff, Salze und Wasser in verschiedenen Mengen enthält und vom tropfbar flüssigen bis zum fast weichen, talgartigen wechselt. Solche Drüsen kommen fast über die ganze Oberfläche des Körpers vor und fehlen nur in der Tiefe des äusseren Gehörganges und am Trommelfelle, während sie im knorpeligen Gehörgange gut entwickelt sind (Ohrenschmalzdrüsen, *Gl. ceruminosae*). Am Penis gehen sie vom Rande des *Praeputium* noch etwas auf die innere Lamelle über, an den weiblichen Genitalien finden sie sich bis zum Rande der *Labia majora*, an den

Augenlidern sind dieselben noch an den Rändern derselben in einfacher Form (*Moll*'sche Drüsen) vorhanden. Ferner erstrecken sich solche Drüsen in der Nasenhöhle soweit als hier noch Epidermis vorkommt, an den Lippen bis zum rothen Rande, am Anus bis in die Gegend der *Sphincter externus* (Circumanal-

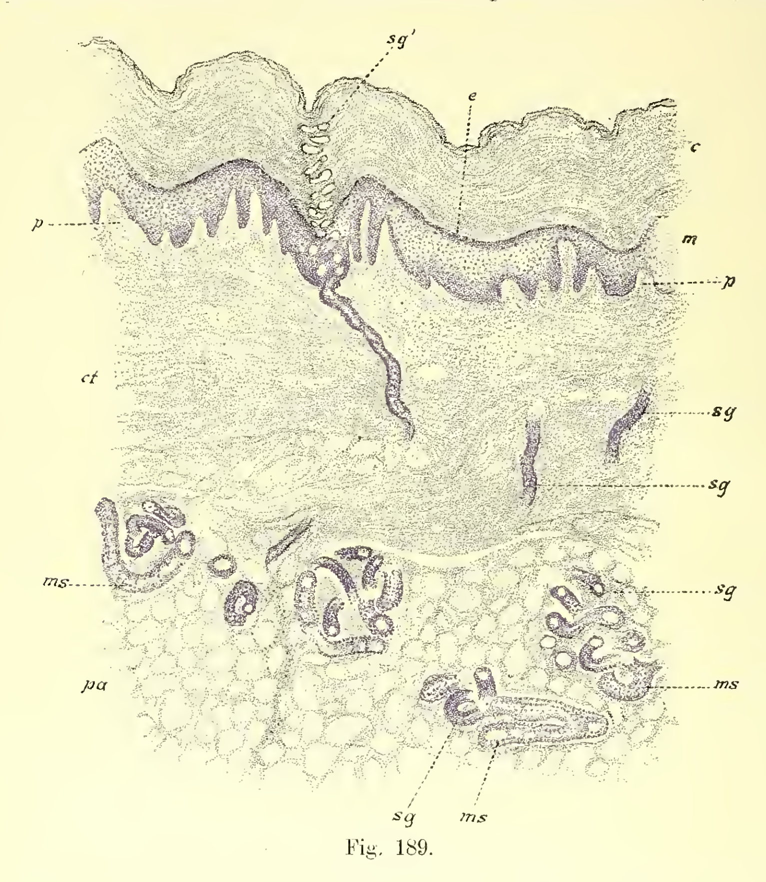


Fig. 189.

drüsen *Gay*). An den Augenbrauen fand ich in Einem Falle keine solchen Drüsen.

An der konkaven Seite der Ohrmuschel findet *Hörschelmann* Knäueldrüsen, während ich dieselben hier vermisste.

§ 73.

An jeder Knäueldrüse (Fig. 189 *ms*, Fig. 190) unterscheidet man einen stark verknäuelten und einen mehr gerade verlaufenden Theil, von denen der erstere als Drüsenknäuel, der letztere als Ausführungsgang bezeichnet wird, es ist jedoch zu bemerken, dass der Drüsenknäuel immer einen

Fig. 189. Senkrechter Durchschnitt durch die Haut des Menschen; mittl. Vergr. *c Stratum corneum*; *m Stratum Malpighii*, *c Eleidin*-Lage desselben; *ct* Lederhaut; *p* deren Papillen; *sg* Schweissgänge in der *Cutis*; *sg'* in der Oberhaut; *ms* mit Muskeln versehene Theile der Schweissdrüsen im *Panniculus adiposus*.

bald grösseren, bald geringeren Theil von Kanälen enthält, die im Baue dem Ausführungsgange gleichen. Der Drüsenknäuel ist ein kugelrundes oder mehr weniger abgeplattetes, durchscheinendes Körperchen von gelblicher oder gelbröthlicher Farbe, das in der Regel 0,3—0,4 mm misst, an den Augenlidern, der Haut des Penis, dem *Scrotum*, der Nase, der gewölbten Seite der Ohrmuschel bis zu 0,06 — 0,1 — 0,2 mm herabgeht, während dasselbe am Warzenhofe und in der Nähe desselben, an der Wurzel des Penis zwischen *Scrotum* und *Perineum*, im äusseren Gehörgange (Ohrenschmalzdrüsen) in der Leistenbeuge bis zu 1,0 und 1,7 mm misst, in der Anusgegend (Circumanaldrüsen) auf 0,6 — 0,7 Breite 1,0 bis 2,0 Länge besitzt, endlich in der Achselhöhle bis zu 1—3 mm Dicke und 2—7 mm Breite ansteigt.

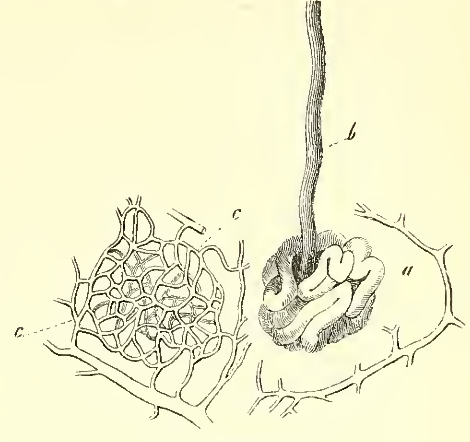


Fig. 190.

Die Knäueldrüsen liegen in den meisten Fällen in den Maschen der *Pars reticularis* der Lederhaut, bald etwas höher, bald etwas tiefer, umgeben von Fett und lockerem Bindegewebe, an grossen Haarbälgen neben denselben aber unterhalb der Talgdrüsen, bei Wollhaaren neben oder unter denselben. Seltener trifft man sie im Unterhautbindegewebe oder an den Grenzen desselben, so in der *Axilla*, der *Areola mammae* z. Th., an den Augenlidern, dem Penis und *Scrotum*, der Handfläche und Fusssohle. An den zwei letztgenannten Orten stehen sie reihenweise unter den Riffen der Lederhaut und ziemlich gleich weit von einander; an anderen Orten trifft man sie meist regelmässig, je eine oder zwei in einer Masche der Lederhaut, doch giebt es nach *Krause* Strecken von 0,5—1,0 mm, wo sie gänzlich vermisst werden, während andere Male drei oder vier nahe beisammen vorkommen.

In der Achselhöhle bilden die grossen Drüsen eine zusammenhängende Schicht unter der Lederhaut, während oberhalb derselben kleine Drüsen in wandelbarer Zahl sich finden. Im knorpeligen äusseren Gehörgange liegen die Knäueldrüsen (*Gl. ceruminosae*) zwischen der Haut des Ganges und dem Knorpel oder den fibrösen Massen, die dessen Stelle vertreten, in einem derben, fettarmen Unterhautbindegewebe und bilden eine zusammenhängende, dem blossen Auge leicht sichtbare, gelbbraune Schicht, die an der inneren Hälfte des *Meatus* am mächtigsten ist, nach aussen allmählich sich verdünnt und auch lockerer wird, jedoch vollkommen so weit sich erstreckt als der knorpelige Gang selbst (Fig. 191).

An der Anusöffnung finden sich von *Gay* entdeckte grosse Knäueldrüsen (Circumanaldrüsen *G.*) in der Höhe des *Sphincter externus*, die ich mit *Hörschel-*

Fig. 190. Ein Schweissdrüsenknäuel und seine Gefässe. 35 Mal vergr. *a* Drüsenknäuel; *b* Ausführungsgang oder Schweiskanal; *c* Gefässe eines Drüsenknäuels; nach *Todd-Bowman*.

mann gegen *Heynold* bestätige. Dieselben bilden meist nur einen einfachen Ring um die Anusöffnung, doch kommen hie und da in einem Längsschnitte auch 2 Drüsen neben einander vor. Ausserdem finden sich hier auch gewöhnliche kleine solche Drüsen, die soweit aufwärts bis in die Gegend des *Sphincter internus* gehen, als Haare vorkommen.

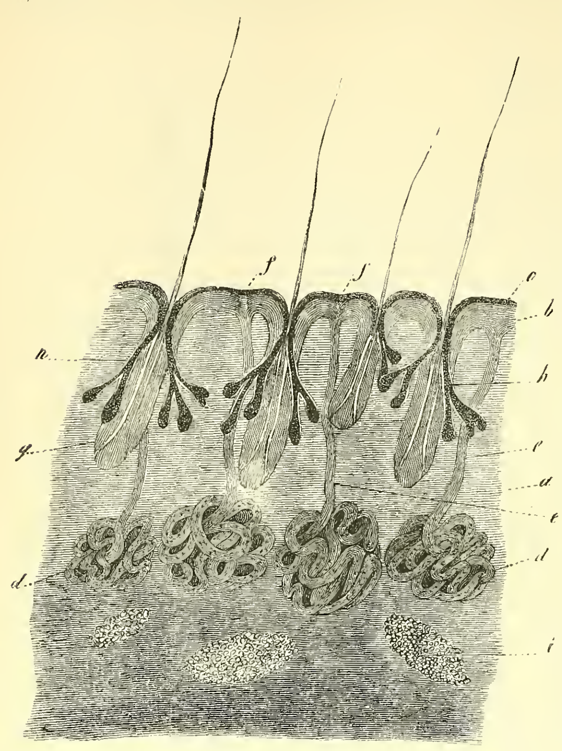


Fig. 191.

Die Augenlider besitzen am Ciliar - Rande einfache Knäueldrüsen (*Moll*'sche Drüsen), die als eine Varietät der typischen Drüsen anzusehen sind und durch die spärlichen Windungen des absondernden Drüsenganges und die bedeutende Weite desselben sich auszeichnen. Dieselben liegen entweder zwischen zwei Cilien oder zwischen einer Cilie und dem *Musculus ciliaris* oder dicht am *Orbicularis* in die Fasern desselben hineinragend, zu 1, 2, 3 oder 4 hintereinander an demselben Augenlide je nach der Anzahl der Cilien an einer Stelle an Zahl wechselnd, jedoch nicht immer den Zwischenräumen derselben entsprechend. Die am *Orbicularis* liegende Drüse ist stets kleiner und enger als die anderen und gleicht in dieser Beziehung mehr den gewöhnlichen Drüsen. Die Ausführungsgänge dieser Drüsen münden entweder für sich oder in die Haarbälge (Fig. 192) selbst zu dreien beisammen (Fig. 186).

Die *Caruncula lacrymalis* enthält nach *Waldeyer* Uebergangsformen zwischen *Moll*'schen und gewöhnlichen Knäueldrüsen.

Ueber die Menge der Knäueldrüsen haben wir ältere Angaben von *Krause* senior, denen zufolge ihre Zahl zwischen 400—600 (Rücken, Wange, erste zwei Abschnitte der unteren Extremitäten) und 2600—2736 auf 1 □″ Haut schwankt und die grösseren Zahlen an der Handfläche und Fussohle sich finden. Neuere Zählungen von *Hörschelmann* ergeben viel näher stehende Grenzzahlen von 641 (Fussrücken) und 1111 (*Vola manus*) auf 1 □ cm und viel mehr Drüsen.

Fig. 191. Durchschnitt durch die Haut des äusseren Gehörganges, 20 Mal vergr. *a Corium*, *b Stratum Malpighii*, *c* Hornschicht der Epidermis; *d* Knäuel der Ohrenschmalzdrüsen; *e* Ausführungsgänge derselben; *f* ihre Mündungen; *g* Haarbälge; *h* Talgdrüsen des Gehörganges; *i* Fettträubchen.

Die Gefässe der Schweissdrüsen, welche die Drüsenknäuel korbartig umspinnen und auch in das Innere derselben eintreten, mit anderen Worten alle Drüsengänge umgeben, sind in natürlicher Füllung vorzüglich schön an denen der Achselhöhle zu sehen (Fig. 190) und leicht zu injiziren. Nach *Tomsa* stammen die Gefässe der Drüsenknäuel von selbstständigen Zweigen der Hautarterien und bilden ein Kapillarnetz für sich, welches mit demjenigen der Oberfläche der *Cutis* nicht in Verbindung steht, sodass mithin das Blut, das der Schweissekretion gedient hat, nicht nochmals an der Oberfläche der Haut zur Verwendung kommt, wie etwa in den Nieren dasjenige der *Glomeruli* oder in der Darmschleimhaut das Blut, das der Sekretion der schlauchförmigen Drüsen vorsteht. Die Ausführungsgänge der Drüsen bekommen ihre Arterie aus den Arterien des Papillarkreislaufes und steigt dieselbe an den Gängen gegen den Knäuel abwärts, dieselben mit queren Kapillaren umspinnend, deren Venen theils zu den oberflächlichen Hautvenen gehen, theils mit denen der Drüsenknäuel sich verbinden.

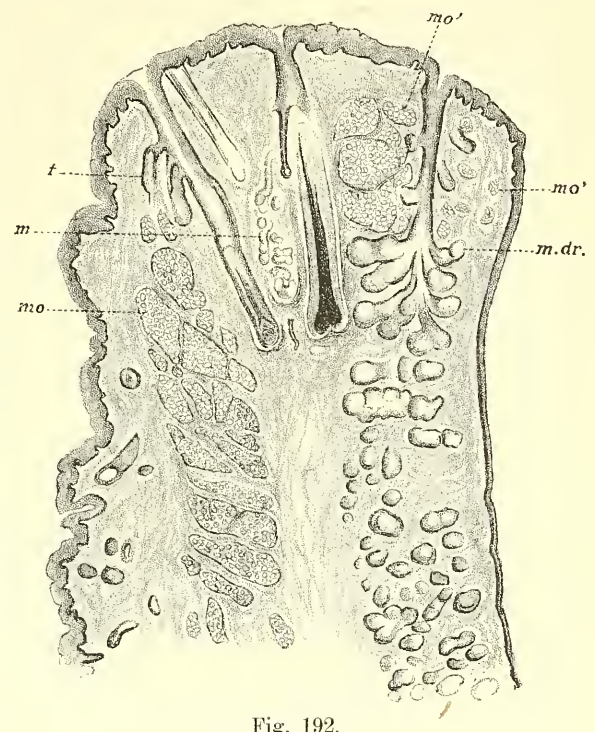


Fig. 192.

Von den Nerven der Schweissdrüsen meldet *Tomsa*, dass dieselben ein reiches Netz um die Drüsen und deren Kapillaren bilden. Ich selbst habe schon vor Jahren in einer *Gl. ceruminosa* eine dunkelrandige Faser von 7 μ Durchmesser gesehen (Mikr. Anat. II, 1, S. 178), Genauere Angaben bietet in neuester Zeit *Ranvier*. Nach ihm sieht man an Goldpräparaten zahlreiche Nervenfasern zu den Drüsenknäueln gehen und in der bindegewebigen Hülle der Drüsenkanäle ein reiches Netz sehr feiner Fasern, mit vorwiegendem Längsverlaufe der ziemlich engen Maschen bilden. Eine gewisse Anzahl dieser Fasern durchbohrt die *Membrana propria* und gelangt zur Muskelschicht, in welcher das genauere Verhalten nicht mehr zu ermitteln war, doch ist *Ranvier* der Annahme entgegen, dass Nervenenden auch in die Drüsenzellen gehen, zu denen

Fig. 192. Senkr. Schnitt des unteren Augenlides des hingerichteten Holleber. Mittlere Vergr. *mdr Meibom*'sche-Drüsen; *m Moll*'sche Drüse; *mo' Orbicularis* innere Lage; *mo Orbicularis* äussere Lage, *t* Talgdrüse.

seiner Meinung zufolge, noch nirgends Nervenenden verfolgt seien (Journ. d. Mikrographie Nr. 5, 1887, S. 162).

Hie und da stehen Schweissdrüsen auch mit den glatten Muskeln der Haarbälge in Verbindung. So sah ich am *Scrotum Arrectores*, die nachdem sie an einen Haarbalg sich angesetzt, einen Ausläufer an eine tiefer liegende Knäueldrüse sandten. Aehnliches sah auch *Diesing* (in *L. Gerlachs* Beiträgen 1884) hie und da und *Bonnet* beschreibt von Thieren einmal ein Ausstrahlen dieser Muskeln auf den Drüsenkörper und zweitens eine theilweise Umhüllung der Drüsengänge durch dieselben.

§ 74.

Feinerer Bau der Drüsenknäuel. Die Knäueldrüsen bestehen in der Regel aus einem einzigen vielfach gewundenen und zu einem Knäuel verschlungenen langen Röhrchen, welches in der Regel bei den kleineren Drüsen in seinem ganzen Verlaufe so ziemlich dieselbe Weite besitzt und an der Oberfläche des Knäuels oder im Innern desselben leicht angeschwollen blind endet. Bei den grossen Drüsen der Achselhöhle sah ich schon vor Jahren das Drüsenrohr meist mehrfach gabelig in Aeste getheilt, die wiederum sich spalteten, in seltenen Fällen selbst untereinander sich verbanden, und dann erst, nachdem sie oft noch kleine Blindsäcke abgegeben hatten, jedes für sich blind endeten, und in neuester Zeit fand ich auch an Circumanaldrüsen mehrfache solche Theilungen, die *Hörschelmann* überhaupt bezweifelt.

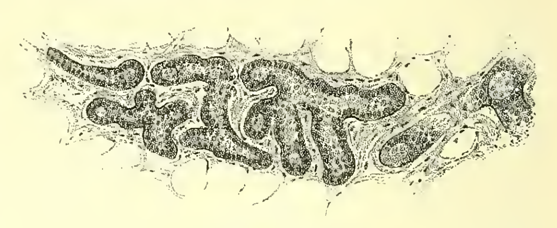


Fig. 193.

Die Drüsenröhrchen, die den *Glomerulus* bilden, besitzen nicht alle denselben Bau und werden am besten in absondernde und ausführende, Drüsenkanäle und Drüsengänge eingetheilt. Es dringen nämlich die ausführenden Gänge ohne Ausnahme auch in die Drüsenknäuel ein und bilden einen grösseren oder geringeren, ja oft einen sehr bedeutenden Theil derselben.

Die absondernden Drüsenkanäle besitzen ohne Ausnahme drei besondere Lagen und zwar eine Bindesubstanzhülle, eine Lage glatter Muskelfasern und ein Epithel. Die Bindegewebshülle besteht aus einer dünnen Lage eines undeutlich faserigen Bindegewebes mit Bindesubstanzellen, deren Kerne in der Längsachse der Kanäle verlaufen, doch ist diese Hülle gegen das interstitielle und umhüllende Bindegewebe der Drüsenknäuel meist nicht scharf abgegrenzt und daher kaum genau zu messen. Nach innen wird dieselbe von einer von *Virchow* zuerst für sich dargestellten *Membrana propria* begrenzt, die als zellenfreier Theil der Bindesubstanzhülle erscheint und in vielen Fällen sehr wenig in die Augen springt, andere Male deutlicher ist, jedoch nie so, wie sie *Stirling* beim Hunde gesehen hat (Ber. d. sächs. Akad. 1875 Taf. II Fig. 7).

Fig. 193. Verästelungen einer Circumanaldrüse. Ger. Vergr.

An den grossen Knäueldrüssen zeigt die Bindegewebshülle manchmal zwei Lagen, eine äussere mit longitudinalen und eine zarte innere mit querverlaufenden Elementen, die beide feine elastische Fasern enthalten können, während nur die äussere Zellen führt (Mikr. Anat. II, S. 160).

Die vor Jahren von mir entdeckte Muskellage der Knäueldrüsen ist an den grösseren Drüsen und allen weiteren absondernden Drüsenkanälen ungemein deutlich und fehlt, wie die Untersuchungen von *Hörschelmann* ergaben, auch an den Drüsen nicht, an denen ich dieselbe bei meiner ersten Untersuchung nicht aufgefunden hatte. Dieser Forscher bezeichnet einzig und allein die Drüsen der Kopfhaut als solche, die keine Muskellage besitzen, eine Angabe, die, wie ich finde, ebensowenig berechtigt ist, wie meine früheren und werden wir daher wohl sagen dürfen, dass alle Knäueldrüsen Muskeln haben.

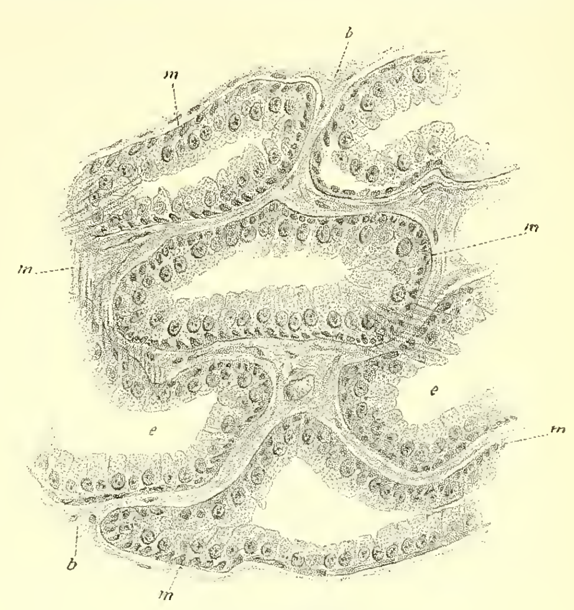


Fig. 194.

Die Elemente dieser Muskeln sind einkernige Spindelzellen, die meist, und vor allem an den Drüsen der Achselhöhle, sich ungemein leicht isoliren lassen. Dieselben sind band- oder spindelförmig, meist mit etwas zackigen oder gefranzten Enden, 34 bis 90 μ lang, 4 — 11 — 18 μ breit und 2,2—3,4 μ dick. Der Kern ist rundlich länglich oder länglich, mässig lang und sitzt, wie ich schon in der Mikr. Anat. angab (Seite 160 und Fig. 42 B) und *Tartuferi* und *Ranvier* bestätigten, in der Regel mehr seitlich und zwar der inneren Seite der Fasern an und löst sich auch leicht von denselben. Die Substanz der Faserzellen ist bald homogen, bald feinstreifig, bald mit zarten Querlinien besetzt und enthält manchmal einige oder ziemlich viele dunkle, selbst gelb und braun gefärbte Fettkörnchen.

Diese Muskelfasern liegen, wie ich schon in meiner Mikr. Anat. nachwies, unmittelbar unter dem Epithel, ohne dazwischen gelegene *Membrana propria* und bilden eine ganz zusammenhängende Schicht, deren Elemente der Länge nach oder auch (*Heynold*) hie und da leicht schief verlaufen. An Flächenbildern findet man die Muskelfasern nicht durch grössere Lücken von einander getrennt, welche Epithelzellen enthalten sollen, wie *Ranvier* angiebt,

Fig. 194. Einige Schläuche einer Achseldrüse des Menschen. Stärkere Vergr. *m* Muskelfasern, *e* Epithel, *b* Interstitielles Bindegewebe.

sondern eine dicht an die andere gereiht und als Grenzlinie eine dunklere Linie. Ebenso zeigen Querschnitte die Muskelfasern als zusammenhängenden geschlossenen Ring, doch ist das Bild etwas verschieden je nach dem die kernhaltigen Stellen der Fasern getroffen sind oder nicht. Im ersten Falle sind die Querschnitte fast dreieckig und sitzt der Kern in der inneren Spitze, während sonst die Fasern mehr kreisrund oder abgeplattet erscheinen. An der Aussenfläche der Muskelfasern beschreibt *Ranvier* feine Längslinien, die er für Leistchen hält, durch welche die Fasern in die *Membr. propria* eingreifen. Eine Längsstreifung sah auch ich manchmal an den Fasern, bin aber in Betreff der Deutung derselben noch zweifelhaft.

Auf der Muskellage sitzt das Epithel unmittelbar auf, so jedoch, dass die Epithelzellen an ihrer Basis die Muskelfasern mit kleinen Zacken umfassen, wie dies *Heynold* zuerst dargestellt hat (l. c. Figg. 6, 10). Das Epithel der absondernden Drüsenkanäle ist bei allen grösseren Drüsen und allen weiteren Drüsenkanälen einschichtig, bei engeren Kanälen dagegen macht dasselbe oft den Eindruck, als ob es aus zwei Lagen bestünde, was jedoch meist darauf zurückzuführen ist, dass die Kanäle oft stark gewunden sind und es schwer hält, scharfe Querschnittsbilder zu erhalten. Andere Male mögen auch die Kerne, wenn sie nicht alle in derselben Höhe liegen, eine doppelte Zellenlage vortäuschen, jedenfalls habe ich mich nirgends mit Bestimmtheit von dem Vorkommen zweier Zellenlagen zu überzeugen vermocht. In der Regel sind die Epithelzellen cylindrich, 10—20 μ hoch, 4—8 μ breit, doch kommen einerseits auch noch längere solche Elemente vor und anderseits kürzere von Pflasterzellenform, bei denen Höhe und Breite sich gleich sind, endlich in stark ausgedehnten Kanälen, wie sie bei den Achseldrüsen und Circumanaldrüsen häufig vorkommen, Gebilde, die selbst die Gestalt von ganz platten Schüppchen annehmen können.

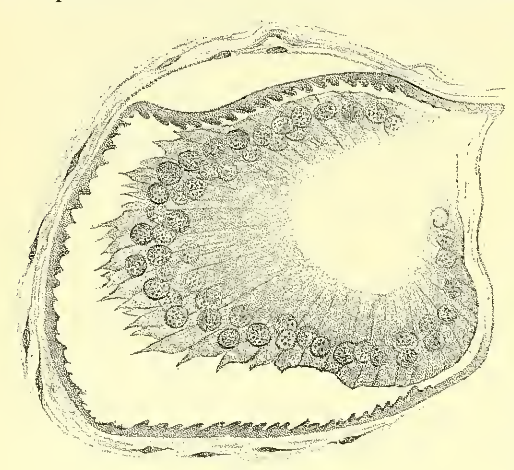


Fig. 195.

Bezüglich auf den feineren Bau der Drüsenzellen so besitzen dieselben alle ohne Ausnahme einen ungemein feinkörnigen Inhalt, der auch bei den stärksten Vergrösserungen nicht als Netzwerk sich darstellt. Die Körnchen sind blass und zeigen hie und da, aber durchaus nicht immer, eine zart angedeutete Anordnung in senkrechten Reihen. Andere Male finden sich neben diesen Körnern dunkle gröbere Elemente, die in Osmiumsäure schwarz sich färben (Fett), endlich auch gefärbte gelbe und braune Körper, die in kausti-

Fig. 195. Querschnitt durch einen Drüsenknäuel einer Achseldrüse des Menschen. St. Vergr. Das Epithel ist von der Muskellage abgelöst und zeigen seine Elemente Ausläufer, mit denen sie in Furchen der Muskelzellen drin lagen.

schen Alkalien und Säuren sich nicht lösen. Am schönsten finden sich diese Farbkörner in den Ohrenschmalzdrüsen, doch fehlen dieselben auch in den Achseldrüsen und den grossen Drüsen der *Areola* nicht, von welchen Gegenden ich dieselben schon in m. Mikr. Anat. Taf. I, Fig. 6 abgebildet habe.

Der Kern der eben geschilderten Zellen ist meist rund, mit 1—2 *Nucleoli* versehen und in der Regel im Basaltheile der Zellen gelegen; stark abgeplattete Elemente dagegen besitzen auch einen platten Kern. Das Vorkommen einer Zellmembran anlangend, so besitzen alle Drüsenzellen an der freien Fläche eine zarte aber scharfe Begrenzung, wie wenn hier eine festere Hülle vorhanden wäre, und in den grossen Drüsen findet sich hier, wie *Heynold* zuerst angab, eine wirkliche *Cuticula*. Ich sehe jedoch diese Auflagerung lange nicht so dick, wie *Heynold* sie abbildet (l. c. Fig. 6), erkenne dagegen an derselben eine deutliche Längsstrichelung oder Kerbung, wie wenn sie von Porenkanälchen durchzogen wäre. In diesen Drüsen sah ich auch oft die einzelnen Epithelzellen durch Spalten getrennt und dann ergab sich, dass auch deren seitliche Begrenzungen scharf und wie von einer Hülle gebildet erschienen.

Der Durchmesser der Drüsenschläuche schwankt bei den kleineren Drüsen von 50—90 μ und beträgt im Mittel 65 μ, die Dicke der Wände 4—7 μ, das Epithel 14 μ, das Lumen 9—22 μ. Die Achseldrüsen besitzen einerseits Röhren von 160—220—330 μ mit Wandungen von 13 μ Dicke ohne das Epithel, wovon die Hälfte auf die Muskellage kommt, anderseits aber auch, und zwar die grösseren Drüsen nur solche von 68—135 μ mit Wandungen von 9 μ. Auch bei den grossen Drüsen der *Areola*, der Genitalien, bei den Circumanal- Ohrenschmalz- und den *Moll*'schen Drüsen wechseln die Durchmesser, jedoch innerhalb engerer Grenzen. Cysten von 0,40—0,50 mm Weite, die bei den Achseldrüsen nicht selten vorkommen, sind wohl nicht als normal anzusehen und bei den *Moll*'schen Drüsen wandeln sich solche nach *Tartuferi* in grössere Blasen um, die zu einer eigenen Erkrankung der Augenlidränder führen.

Alle Drüsenknäuel der hier besprochenen Drüsen sind theils im Innern von Bindegewebe, hie und da mit Fettzellen durchzogen, welches die Gefässe leitet und die einzelnen Windungen der Schläuche unter einander verbindet, theils besitzen sie eine äussere, den ganzen Knäuel umschliessende Faserhülle von gewöhnlichem Bindegewebe mit elastischen Fasern und Zellen, welche an den mehr frei im Unterhautbindegewebe liegenden Drüsen (*Penis*, *Axilla* u. s. w.) besonders hübsch entwickelt ist.

Ein eigenthümlicher Befund, den ich nur einmal antraf, war der von mehreren *lymphoiden* Knötchen, welche einzelne Drüsen der Achselhöhle umgaben und mit ihren Elementen durchzogen.

Bonnet meldet von den Drüsen von Säugern, dass ihre Muskulatur um so besser entwickelt sei, je zäher das Sekret und je weniger äussere Muskeln auf die Drüsen zu wirken im Stande seien (Thränengruben, Leistengruben des Schafes, Carpealdrüsen des Schweines, Knäueldrüsen des Pferdes, Schafes, Hundes.) Weniger entwickelt oder mangelnd seien diese Muskeln an Drüsen sehr beweglicher Hautstellen zwischen reichlicher willkürlicher Muskulatur (Klauensäckchen des Schafes, Analbeutel der Raubthiere, Knäueldrüsen der Sohlen- und Zehenballen) oder bei dünnflüssigem Sekrete (Flotzmauldrüsen der Wiederkäuer, Rüsselscheibendrüsen des Schweines).

§ 75.

Drüsengänge. Die Ausführungsgänge der Knäueldrüsen, gemeinhin Schweissgänge genannt (Fig. 197), beginnen fast immer im Innern des Drüsenknäuels und bilden mit ihren Windungen einen verschieden grossen Abschnitt desselben. Aus demselben ausgetreten, strecken sie sich und steigen leicht geschlängelt durch die *Cutis* in die Höhe (Fig. 189), um dann zwischen den Papillen, niemals durch dieselben, in die Oberhaut einzudringen. Hier beginnen sie sich zu drehen und je nach der Dicke derselben 2 bis 16 und mehr engere oder weitere, spiralige Windungen zu machen, bis sie schliesslich mit kleinen runden, manchmal trichterförmigen Oeffnungen, den sogenannten Schweissporen, an der freien Fläche der Oberhaut, in seltenen Fällen (s. Fig. 186) auch in die Haarbälge ausmünden.

Die Länge der Drüsengänge richtet sich nach der Lage der Drüsen und der Dicke der Haut. Ohne Ausnahme ist der Anfang des Ganges enger als die absondernden Schläuche und misst 20—27 μ, dann bleibt derselbe gleich eng bis nahe zu seinem Eintritte in das *Stratum Malpighii* der Oberhaut, wo er in der Regel reichlich um das doppelte bis zu 54—64 μ sich verbreitert. In die Oberhaut eingetreten, verlieren die Gänge ihre scharfe Begrenzung, bewahren aber ihre Lichtung und gehen mit einer Mündung von 40—110 μ aus.

Bei gewissen Knäueldrüsen findet sich eine Einmündung in die Haarbälge. Ganz beständig ist nach neueren Erfahrungen eine solche Einmündung bei den *Moll*'schen Drüsen der Augenlider, bei denen ich schon vor Jahren eine solche Verbindung selbst zu dreien mit einem Haarbalge gesehen (Mikr. Anat. II, S. 144, Figg. 38, 39). Ausserdem findet sich eine solche Vereinigung bei den Ohrenschmalzdrüsen seltener beim Erwachsenen (*ich, Alzheimer*), häufig beim Kinde (*Alzheimer*), ferner bei den grossen Drüsen der Achselhöhle und den Circumanaldrüsen (*Heynold, Hörschelmann, ich*), aber so viel ich sehe nicht beständig. — In allen diesen Fällen entbehrt das Ende des Drüsenganges der Windungen, ist jedoch beim Ansatze an den Haarbalg gewöhnlich stark verbreitert.

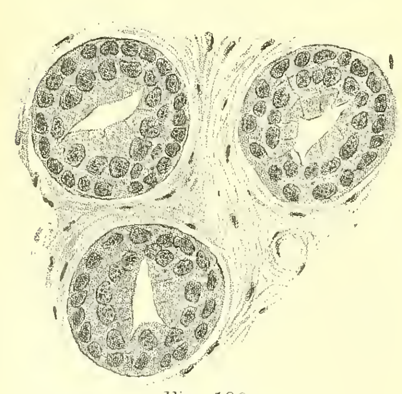


Fig. 196.

Alle Drüsengänge (Fig. 196) besitzen bis zu ihrem Ansatze an die Keimschicht der Oberhaut oder der Haarbälge eine bindegewebige Hülle mit längsstehenden Kernen, eine *Membrana propria* und mit Ausnahme der verbreiterten Stellen in der Nähe der Epidermis eine doppelte Zellenlage. Die innere ist die unmittelbare Fortsetzung der cylindrischen Zellen der absondernden Kanäle und besteht aus niedrigen, hellen Pflasterzellen mit runden

Fig. 196. Drei Drüsengänge einer menschlichen Schweissdrüse quer. Starke Vergr. Die Begrenzung des Lumens wird von einer Cuticula gebildet, die nicht deutlich genug ausgeprägt wiedergegeben ist.

Kernen, die durch das Vorkommen einer starken, von *Heynold* entdeckten Kutikula sich auszeichnen. Auf diese folgt eine zweite Lage mit mehr querstehenden länglichen Kernen, welche die unmittelbare Fortsetzung der Muskellage der Drüsenschläuche darstellt und ohne scharfe Abgrenzung aus derselben hervorgeht (Fig. 197), so dass es wohl in Frage kommen kann, ob diese Elemente nicht den Namen Muskelzellen verdienen. Wo die Gänge sich verbreitern, verdickt sich auch die Wand und treten aussen an der letzterwähnten Schicht noch eine oder zwei Lagen ebenfalls mehr querstehender Elemente auf. Im *Rete Malpighii* sind die Gänge noch deutlich von der inneren Zellenlage bekleidet und besitzen anfangs noch eine Kutikula. Umgeben sind diese Zellen von abgeplatteten, konzentrisch angeordneten Elementen, die wohl z. Th. von den inneren oder den äusseren Zellenlagen der selbständigen Gänge abstammen oder als Fortsetzung derselben erscheinen. Noch innerhalb der *Malpighi*'schen Lage ändern jedoch die innersten Zellen ihren Charakter, nehmen anfangs *Eleidin*-Körner auf und wandeln sich in den äussersten Theilen der Keimschicht in Hornplättchen um, die von hier an den oberen Theil der Gänge begrenzen und in der Hornschicht in mehreren Lagen konzentrisch um deren Lumen angeordnet sind. Eine Lichtung ist in der Horn-

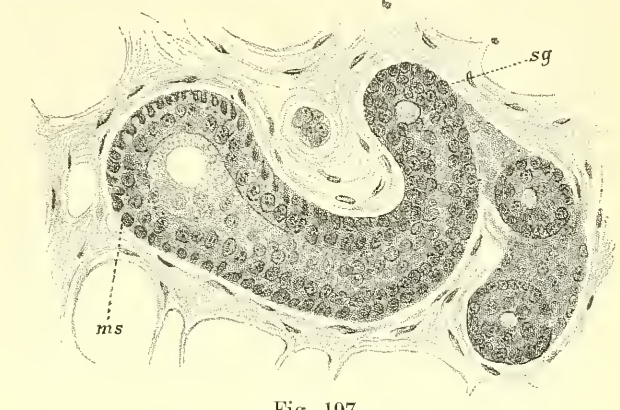


Fig. 197.

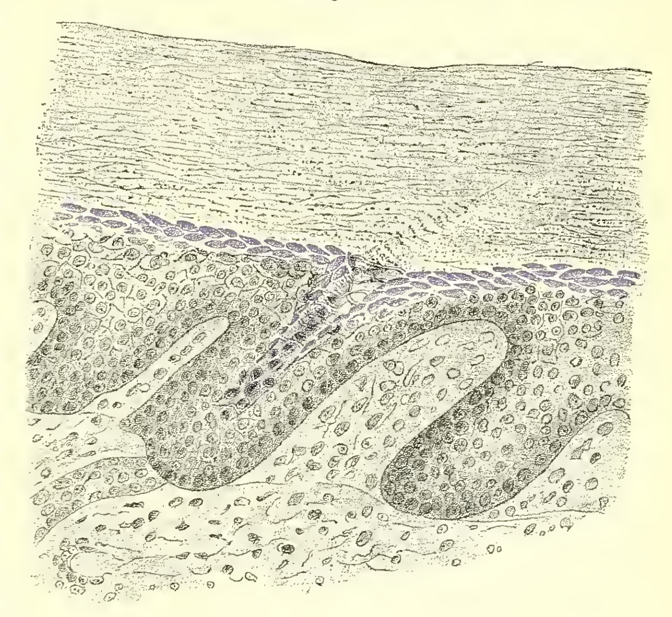


Fig. 198.

Fig. 197. Uebergang des muskulösen Theiles einer Schweissdrüse in den Gang. Starke Vergr. Vom Menschen.

Fig. 198. Senkrechter Schnitt durch die Epidermis und angrenzenden Cutistheile der Haut eines Fingers. Mittlere Vergr. Es sind farbig dargestellt die Körnerschicht der *Malpighi*'schen Lage und eines Schweissganges.

schicht oft deutlich, andere Male zieht sich ein körniger Streifen an der Stelle derselben durch den Kanal hin, dessen Bedeutung wohl die eines aus den Knäueln abstammenden Sekretes ist. Die Poren, mit denen die Gänge sich öffnen, deren Anordnung entsprechend der Lagerung der Drüsen bald sehr regelmässig, bald mehr unregelmässig ist, sind an der Handfläche und Sohle von blossem Auge eben noch zu sehen, an anderen Orten nur bei Vergrösserungen zu erkennen. Hie und da vereinen sich die Gänge zweier Drüsen in Einen Gang (*Krause, ich*). Die Gänge, die in Haarbälge münden, beschreiben keine Windungen, sondern öffnen sich trichterförmig, ermangeln der *Eleidin*-Körner und sind am erweiterten Ende von Hornplättchen ausgekleidet.

Nachdem ich im Jahre 1849 die Muskeln der Schweissdrüsen und Ohrenschmalzdrüsen aufgefunden und nachgewiesen hatte, dass dieselben unmittelbar unter dem Epithel liegen, zog dann *Leydig* aus der letzten Thatsache, die er bestätigte (Arch. f. Mikr. Anat. 1873, S. 634, 635 und Unters. z. Anat. und Histologie 1883, S. 151), den Schluss, dass diese Muskelzellen aus Epidermiszellen hervorgegangen sein müssten. Bei einer weiteren Besprechung dieser Frage, die ich aber noch nicht als spruchreif erklärte, machte ich darauf aufmerksam, dass, wenn es bei Wirbelthieren ektodermale Muskelfasern gebe, dann auch entodermale anzunehmen wären, welche *Stieda* und *ich* in der embryonalen Säugethierlunge unmittelbar nach aussen vom Epithel der Bronchien gesehen hatten. (Die embryon. Keimblätter und die Gewebe in Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 40, S. 204.) Ferner wies ich darauf hin, dass bei Wirbellosen das äussere Keimblatt sicher und wahrscheinlich auch das innere Muskelgewebe erzeugt (l. c. S. 209). In neuester Zeit ist diese Frage auch von *Ranvier* aufgenommen worden (Journal de Micrographie Mars 1887, S. 100) und hat sich derselbe mit Entschiedenheit für die ektodermale Natur der Muskelfasern der Knäueldrüsen ausgesprochen und zwar gestützt auf deren Entwickelung aus der ersten vom *Stratum Malpighii* ausgehenden Anlage dieser Organe. Ich selbst hatte schon in meiner Mikr. Anat. II,1 S. 170, angegeben, dass im 7. Monate des Embryonallebens Schweissgänge und Drüsenknäuel aus einem mehrschichtigen Epithel bestehen und geht schon aus dieser Beobachtung hervor, dass die äusseren Zellen der Anlagen der secernirenden Drüsengänge, die ja später nur ein einschichtiges Epithel besitzen, zu Muskelfasern sich umbilden. Neuere Untersuchungen haben dies bestätigt und zugleich ergeben, dass die Zellen der Drüsenanlagen doppelschichtig sind.

Zu demselben Ergebnisse führen Untersuchungen der Uebergangsstellen zwischen den Drüsengängen und den absondernden Kanälen beim Erwachsenen (Fig. 197) und setzen an diesen die Muskelzellen unmittelbar in die äussere Zellenlage der Gänge sich fort. Wahrscheinlich finden sich auch hier Uebergänge der einen Zellenform in die andere, doch ist es mir noch nicht geglückt, dieselben bestimmt zur Anschauung zu bringen.

Tartuferi ist der Meinung, dass die von mir als Muskelfasern bezeichneten Elemente der Knäueldrüsen keine solche seien, oder wenigstens der Nachweis der Richtigkeit dieser Deutung nicht erbracht sei (Arch. di sc. mediche 1881 S. 98); auch könnten Längsfasern eine Röhre nur verkürzen und erweitern, was den Austritt des Inhaltes verhindern müsste. Ich gebe zu, dass die Deutung der fraglichen Elemente vom morphologischen Standpunkte aus nicht vollkommen gesichert ist und dass ihre Abkunft vom Ektoderm sogar gegen dieselbe spricht, auf der anderen Seite sind aber doch gewichtige Gründe vorhanden, um dieselben als kontraktile zu bezeichnen. Einmal der Umstand, dass frisch untersuchte Knäueldrüsen ihre absondernden Gänge fast ausnahmslos in zwei Zuständen zeigen und zwar einmal verengt, ohne Lichtung oder fast ohne solche und zweitens mit einer mehr weniger weiten Höhlung. Zweitens hat *Ranvier* neulich (Journal de Microgr. 1887) bei den entsprechenden Elementen der Nickhautdrüsen des Frosches unter dem Mikroskope deren Kontraktionen wahrgenommen. Da nun die Annahme *Tartuferi's*, dass Längsmuskeln einen Schlauch erweitern und den Austritt des Sekretes hemmen müssten, nicht stichhaltig ist, indem solche Muskeln stark verkürzen und verengern, vorausgesetzt, dass der Druck, der aussen auf dem Schlauche lastet, grösser ist, als

der innere Widerstand, so finde ich keinen Grund, von der Deutung der Spindelzellen der Knäueldrüsen als Muskelfasern abzugehen.

Nach *Tartuferi* zeigen die Muskelfasern der *Moll*'schen Drüsen an Cysten derselben alle Uebergänge zu kurzen Spindelzellen und selbst zu Pflasterzellen (l. c. Vol. XI Tav. 1, Fig. 13, 19, 20.)

§ 76.

Sekret der Knäueldrüsen. Dass die früher sogenannten Schweissdrüsen, auch abgesehen von den *Glandulae ceruminosae*, nicht überall dieselbe Absonderung liefern, wurde von mir bereits in meiner mikroskopischen Anatomie und in allen Auflagen der Gewebelehre auseinandergesetzt, dagegen habe ich keinen Grund, mich denen anzuschliessen, die den Schweiss anderswoher als von diesen Drüsen ableiten. Der Inhalt der Drüsenkanäle der Knäueldrüsen tritt in zwei Formen auf, einmal als helle Flüssigkeit ohne geformte Theile und diese darf wohl Schweiss genannt werden und zweitens als eine aus geformten Theilchen bestehende Substanz, die im Allgemeinen als eine brei- oder teigartige von wechselnder Festigkeit zu bezeichnen ist. Hauptabsonderungsorgane der letzten Substanz sind die grossen Knäueldrüsen mit weiten Kanälen, vor allem die Achsel-, Circumanal- und Ohrenschmalzdrüsen, während eine klare Flüssigkeit wesentlich von den kleineren Drüsen gebildet wird. Doch herrscht in dieser Beziehung jedenfalls keine Ausschliesslichkeit, indem die kleinen Drüsen auch geformte Sekrete und die grossen auch wässerige Absonderungen liefern können. Der Inhalt der grossen Knäueldrüsen besteht an erhärteten Präparaten in der Regel aus einer hellen, aus ungemein kleinen und gleichmässigen Körnchen gebildeten Substanz, welche oft lange Strecken der absondernden Kanäle ganz und gar anfüllt. Andere Male finden sich in dieser Masse auch grössere und kleinere helle Kugeln von dem Aussehen von Colloidmassen, welche selbst für sich allein, namentlich in den Ausführungsgängen vorkommen und unter Umständen von einer ganz gleichartigen hellen Masse ohne Körnchen vertreten werden. Ein ganz heller flüssiger Inhalt ohne alle geformten Theile findet sich ohne Ausnahme in allen erweiterten Theilen der Drüsengänge, deren Epithel aus mehr oder weniger abgeplatteten Pflasterzellen besteht, wie sie in den Axillardrüsen und den *Moll*'schen Drüsen so häufig vorkommen, und dieses Sekret darf wohl als dem Schweisse nahestehend angesehen werden, wenn auch die Möglichkeit besteht, dass solche erweiterte Gänge nicht ganz normale sind und das erste Stadium der Cysten darstellen, die an den *Moll*'schen Drüsen vorkommen. Nach *Tartuferi* ist der Inhalt dieser Cysten bei Lebenden eine klare Flüssigkeit (*liquido limpido*), in solchen, die in Pikrinsäure erhärtet wurden, ein körniger Detritus mit einigen lymphoiden Zellen.

Von grösseren geformten Elementen habe ich schon in meiner Mikrosk. Anat. aus den Axillardrüsen grössere dunklere, farblose oder gelbliche Körner, Kerne und Zellen in verschiedener Menge, und aus den Ohrenschmalzdrüsen gelbe oder bräunliche Körner und Körneraggregate erwähnt und aus meinen damaligen Erfahrungen den Schluss abgeleitet, dass die grossen Knäueldrüsen, typisch ein zellenhaltiges Sekret liefern. Jetzt möchte ich über diese Verhältnisse folgendes sagen. Die Kanäle der grossen Knäueldrüsen sind beim Menschen nicht selten von Zellen ganz erfüllt, es sind jedoch solche einfach als abgelöstes Epithel zu deuten, denn sie fehlen bei frisch untersuchten Drüsen von Thieren.

Ebenso habe ich an den vorzüglich erhaltenen Axillardrüsen des hingerichteten Holleber (Fig. 194) alle Drüsengänge ohne Ausnahme mit einem schönen Epithel ausgekleidet gefunden. Es ist somit die Annahme gänzlich zu verlassen, dass die Knäueldrüsen eine zellenhaltige Absonderung liefern, etwa wie die Talgdrüsen. Dagegen kommen allerdings hie und da einzelne Kerne und Zellen im Inhalte dieser Drüsen vor und diese mögen ebenso, wie Fett- und Pigmentkörnchen, von einzelnen, zufällig oder typisch aus dem Verbande mit den andern tretenden Epithelzellen abstammen.

Eine andere Quelle solcher Zellenreste sind durchwandernde lymphoide Zellen. Bei dem hingerichteten Holleber waren einzelne Achseldrüsen so in lymphoides Gewebe eingehüllt und von demselben durchzogen, dass sie wie Lymphfollikel aussahen und an solchen Drüsen fanden sich dann auch im Inhalte eine grosse Anzahl von lymphoiden Zellen und liessen sich dieselben sogar zwischen den Epithelzellen nachweisen. Aehnliches mag in geringem Massstabe auch unter gewöhnlichen Verhältnissen vorkommen, da ja lymphoide Zellen fast ausnahmslos in der Cutis in gewisser Anzahl sich finden.

In Betreff der Herkunft des feiner oder gröber körnigen Sekretes der Knäueldrüsen sind zwei Erklärungen möglich. Entweder entstehen die geformten Elemente in einem anfänglich ganz flüssigen Transsudate oder dieselben werden als solche von den Drüsenzellen abgegeben. Dies könnte geschehen, indem sie als solche durch die poröse Basalmembran dieser Elemente durchträten, andererseits wäre es aber auch denkbar, dass die Drüsenzellen vorübergehend ihre Basalmembran verlieren und eines Theiles ihres Inhaltes sich entledigen. So wäre dann auch der Uebertritt von Fettropfen und Pigmentkörnern aus den Zellen in das Sekret zu erklären. Für die letzte Annahme spricht auch die Leichtigkeit, mit welcher die Basalmembran der Drüsenzellen sich ablöst, wie ich dies namentlich auch an den Axillardrüsen von Holleber fand und gerade hier trugen auch manche Epithelzellen wie pfropfartige helle Aufsätze oder Anhänge.

Alles zusammengenommen lässt sich sagen, dass die Knäueldrüsen verschiedenartige Sekrete liefern. Eines derselben ist unzweifelhaft der Schweiss, an dessen Bildung wohl vor allem die kleineren Hautdrüsen betheiligt sind, in einem gewissen Grade aber auch die grösseren Formen. Ausserdem finden sich eiweiss- und fetthaltige Absonderungen, die wohl typisch den grossen Drüsen zukommen, aber auch unter Umständen bei den kleinen nicht fehlen, wie dies ja von den Knäueldrüsen der Handfläche nachgewiesen ist.

Im physiologischen Jahresberichte von 1856 stellte *Meissner* die Ansicht auf, dass die Knäueldrüsen Fett absondern, während der Schweiss von der gesammten Oberfläche der Haut geliefert werde und durch die Oberhaut hindurchsickere. Dieser Behauptung stand die von *Krause* sen. nachgewiesene Thatsache entgegen, dass die Hornschicht der Oberhaut für Wasser impermeabel ist, und versuchte später *Unna* die *Meissner*'sche Ansicht zu verbessern, indem er annahm, dass der Schweiss aus der *Malpighi*'schen Lage der Oberhaut durch die Intercellulargänge in die dieselbe durchbohrenden Gänge der Knäueldrüsen eintrete (*Ziemssen*, Handb. d. spez. Path. u. Ther. Bd. XIV, S. 93 u. flgd.) Wenn nun *Unna* ebenso wie *Meissner* den Satz aufstellt, dass die Knäueldrüsen lediglich zur Einfettung der Haut bestimmt seien (S. 93), so war er sich doch über die ganze Sache nicht klar, denn schon auf S. 94 heisst es, der Schweiss sei sicher nur zu einem kleinen Theile Erzeugniss der Knäueldrüsen und in einer andern

Arbeit (Kritisches und Hist. über die Lehre von der Schweissekretion in *Schmidt's* Jahrb. 1882) geht *Unna* noch weiter und nimmt verschiedene Schweiss liefernde Organe an und zwar 1. die Knäueldrüsen selbst, 2. die Ausführungsgänge derselben und 3. die gesammte Haut.

Ich meinerseits halte die Annahme, dass die die *Malpighi*'sche Lage der Oberhaut tränkenden Säfte an der Schweissbildung sich betheiligen, für in hohem Grade unwahrscheinlich und jedenfalls für unbewiesen, wenn ich auch nicht zu läugnen gewillt bin, dass geringe Mengen von Flüssigkeitstheilchen aus der tiefen Oberhautlage in die Spiralgänge eintreten können. Ebenso scheint mir nicht viel dafür zu sprechen, dass die Ausführungsgänge der Knäueldrüsen innerhalb der *Cutis* an der Sekretbildung Antheil nehmen, denn die Gefässe dieser Gänge sind spärlich und ihr Epithel ermangelt des Charakters eines absondernden. Wir kommen somit auf die absondernden Kanäle der Drüsenknäuel als den Sitz der Schweissbildung und zu der schon in meiner Mikr. Anat. und Gewebelehre angedeuteten und hier bestimmter vertheidigten Annahme, dass alle Knäueldrüsen verschiedene Absonderungen liefern, als deren Extreme einerseits der Schweiss, andrerseits eine fett- und eiweissreiche Absonderung erscheint.

§ 77.

Entwickelung der Schweissdrüsen. Die Schweissdrüsen entwickeln sich genau nach dem Typus der Talgdrüsen. Die ersten Anlagen derselben, die im fünften Fötalmonate erscheinen, gleichen denen der Haarbälge sehr und sind nichts als solide flaschenförmige Auswüchse (Fig. 199) des *Rete Malpighii* der Oberhaut, die allmählich 67—200 μ weit in die *Cutis* hinein sich

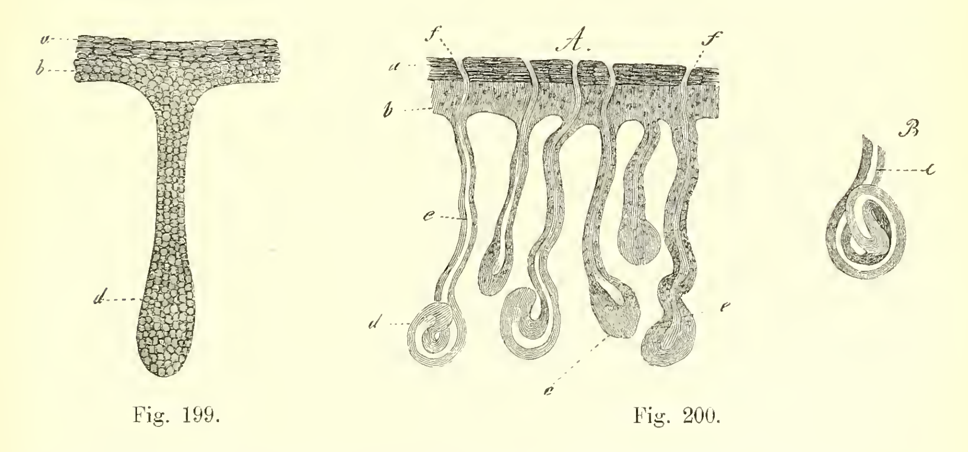


Fig. 199. Fig. 200.

erstrecken und von einer dünnen Hülle der letzteren umgeben sind. Im weiteren Verlaufe werden diese Auswüchse länger und gestalten sich im sechsten Monate zu leicht gewundenen schmächtigen Anhängen, deren Enden kolbig erweitert

Fig. 199. Schweissdrüsenanlage von einem fünfmonatlichen menschlichen Embryo, bei 350 maliger Vergrösserung. *a* Hornschicht der Oberhaut, *b* Keimschicht, *c Corium*, *d* Drüsenanlage ohne Lumen aus kleinen runden Zellen bestehend.

Fig. 200. *A* Schweissdrüsenanlagen aus dem siebenten Monate. 50 Mal vergr. Die Buchstaben *a, b, d,* wie bei Fig. 199. Das Lumen *e* ist durchweg vorhanden, nur reicht es nicht ganz bis ans Ende der dickeren Theile der Drüsenanlagen, die zu den Drüsenknäueln sich gestalten. Fortsetzung der Kanäle in die Oberhaut hinein und Schweissporen *f* sind da. *B* Ein Knäuel einer Schweissdrüse aus dem achten Monate.

sind, bestehen jedoch immer noch durch und durch aus kleinen rundlichen Zellen. Erst im siebenten Monate zeigen die Drüsen im Innern einen Kanal, dessen Entstehung wahrscheinlich mit dem Auftreten von Flüssigkeit zwischen den centralen Zellen der Drüsenanlagen zusammenhängt. Um dieselbe Zeit, wo die *Lumina* auftreten, zeigen auch die Enden der Drüsenanlagen ein vermehrtes Wachsthum, verdicken sich und krümmen sich retortenförmig, sodass jetzt auch die Anlagen der späteren Drüsenknäuel zu erkennen sind (Fig. 200). Während dies geschieht, brechen dann auch die Höhlen nach aussen durch und entstehen die Oeffnungen der Schweisskanäle, ein Vorgang, der durch Fortsetzung der Lückenbildung auf das *Rete Malpighii* der Oberhaut und Abschuppung der Hornschicht sich erklären lässt. In den letzten Monaten der Schwangerschaft bilden sich dann die Drüsen vollständig aus, sodass bei Neugeborenen die Drüsenknäuel der Ferse 0,13—0,15 mm, bei einem Kinde von 4 Monaten an der Ferse 0,13—0,22 mm, in der Hand 0,27 mm messen und vielfach verschlungene Drüsenkanäle von 34—45 μ besitzen. Muskeln finden sich schon bei Neugeborenen und wohl schon früher an den absondernden Kanälen, welche um diese Zeit von den ableitenden Gängen sich unterscheiden und stammen dieselben unzweifelhaft von den äusseren Zellen der ersten Anlagen ab (siehe oben).

Bei neuen Untersuchungen ergab sich für das Auftreten der Schweissdrüsen an Fingern und Zehen das Gesetz, dass diese Organe zuerst an den Ballen der 3. Phalanx auftreten, dann an den Beugeflächen der anderen Phalangen und zuletzt an der Dorsalseite (Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 47)

Art der Untersuchung. Zur Untersuchung der Lage der Schweissdrüsen und ihrer Ausführungsgänge fertigt man feine Schnitte frischer oder leicht getrockneter Haut der Fussohle oder Handfläche an, die man durch Essigsäure oder Natron durchsichtig macht. *Gurlt* benutzt hierzu in *Liq. Kali carbonici* erhärtete und durchsichtig gemachte Haut. *Giraldès* erweicht die Haut 24 Stunden in verdünnter Salpetersäure (1 Th. Säure, 2 Th. Wasser) und 24 Stunden in Wasser, welches Verfahren nach *Krause* sehr zweckmässig ist, da die Drüsen gelb werden und sich gut hervorheben. An in Wasser erweichten Hautstücken lässt sich mit der Oberhaut die Zellenauskleidung der Schweissgänge, nach *Tobien* sammt der Bindegewebshülle, in Gestalt von langen Röhrchen aus der Cutis herausziehen; dasselbe gelang mir an zarten Hautstellen nicht selten auch nach Benetzung derselben mit starker Essigsäure. Die Untersuchung der Drüsenknäuel selbst ist bei den Achseldrüsen sehr leicht; bei den andern muss man die Haut von innen her blosslegen und die Drüsen theils an der Innenfläche der Cutis, theils in den Maschen derselben aufsuchen, was bei einiger Aufmerksamkeit leicht gelingt, namentlich an Hand, Fuss und Brustwarze. Zu Vorweisungen eignen sich vorzüglich gut die durch *Gurlt* beschriebenen grossen Drüsen der Sohlenballen des Hundes, und noch passender wären die ganz lose im Unterhautgewebe liegenden grossen Drüsen der Vorhaut und der Haut des Euters des Pferdes. Will man die Drüsen zählen, so kann man auf Flächenschnitten der Haut ihre Oeffnungen suchen oder ein Hautstück von bestimmter Grösse nach der *Giraldès*'schen Methode behandeln und Stück für Stück untersuchen (*Krause*). Für die Erforschung der Entwickelung der Drüsen mache man mit Doppelmesser oder Rasirmesser Durchschnitte der frischen getrockneten oder in Alkohol erhärteten Haut von Ferse und Handfläche der Embryonen. Zur Färbung der Drüsen ist Hämatoxylin am dienlichsten.

Litteratur. *Brechet et Roussel de Vauzème*, Recherches anatomiques et physiologiques sur les appareils tégumentaires des animaux in Annal. d. scienc. natur. 1834, S. 167 u. S. 321. (Entdeckung der Schweissdrüsen); *Gurlt*, Vergleichende Untersuchungen über die Haut des Menschen und der Haussäugethiere, besonders in Bezug

auf die Absonderungsorgane des Hauttalges und des Schweisses, in *Müll.* Arch. 1835, S. 399. (Erste gute Abbildung der Drüsen selbst); *Tobien*, De glandularum ductib. efferent. Dorp. 1853, S. 8; *Harms*, Beitr. z. Hist. der Hautdrüsen der Haussäugethiere. Hannover 1868. 1. Taf.; *Heynold*, in *Virch.* Arch. Bd. 61. 1874; *Chodakowski*, Unt. ü. den Bau der Hautdrüsen einiger Säugethiere. Dorpat. 1876. Diss.; *Hörschelmann*, Anatom. Unters. über die Schweissdrüsen der Menschen. Dorpat. 1875. Diss.; *Hesse*, in *His* und *Braune's* Zeitschr. Bd. II. 1876; *Piana*, in Mem. di Bologna VI. 1876; *Sangster*, in Quart Journal. Vol. 17. 1877; *Renaut*, in Gaz. med. 1878; *Graff*, *K.*, Vergl. anat. Unters. über den Bau der Hautdrüsen. Leipzig. 1879; *Ranvier*, in Compt. rend. I. 89. 1879 und Journal de Micrographie 1877—78; *Hermann*, *G.*, in Gaz. méd. de Paris 1880; *Bubnoff*, im Mikr. Arch. Bd. 20. 1881; *Richiardi*, in Zool. Anz. 1881; *Unna*, in *Schmidt's* Jahrbüchern 1882 (Schweissekretion); *Grafberg*, in *Schenk's* Mitth. Bd. 2. 1883. (Entw. d. Hautdrüsen;) *Tartuferi*. Arch. di sc. mediche. 1881; *Bonnet*, in Bayr. ärztl. Intelligenzblatt 1885. Ausserdem vergleiche man noch besonders die allgemeinen Werke von *Todd-Bowman*, *Henle*, *Valentin*, *Hassall* und *mir*, die oben bei der Haut angeführten Abhandlungen von *Krause*, *mir*, *Simon*, *v. Bärensprung*, *Schrön* und *Unna* und die bei den Haaren angeführte Abhandlungen von *Leydig*, *Remy*, *Diesing*, *Dietl*, ferner die Abbildungen von *Berres* Tab. XXIV, *R. Wagner*, Icon. phys. Tab. XVI. Fig. 9; *Ecker*, Icon. phys. Tab. XVII, *F. Arnold*, Icon. org. sens. Tab. XI und *mir* (Mikr. Anat. Tab. I). — Von den Ohrenschmalzdrüsen insbesondere handeln: *R. Wagner*, Icones physiologicae. Tab. XVI. Fig. 11. *A. B*; *Krause* und *Kohlrausch* in *Müll.* Archiv 1830, p. CXVI; *Pappenheim*, Beiträge zur Kenntniss der Struktur des gesunden Ohres in *Fror.* N. Not. 1838. Nr. 141. S. 131, und Spezielle Gewebelehre des Gehörorgans. Breslau 1840; *Henle*, Anat.; *Huschke*, Eingeweidelehre, S. 819; *Hassall*, Mikr. Anat. S. 427. Pl. LVII; *Valentin*, Artikel „Gewebe“ im Handw. d. Phys. I. S. 755; *Schwalbe*, Anatomie der Sinnesorgane; *Alzheimer*, in Würzb. Verh. 1888.

C. Von den Talgdrüsen.

§ 78.

Die Talgdrüsen, *Glandulae sebaceae*, sind kleine weissliche Drüsen, welche fast überall in der Haut sich finden und den Hauttalg oder die Hautschmiere *Sebum cutaneum*, absondern.

Die Gestalt der Talgdrüsen ist eine sehr verschiedenartige. Die einfachsten (Fig. 201 *A*) sind birnförmige oder längliche kurze Schläuche; bei andern, den einfach traubenförmigen, sind zwei, drei oder noch mehr Schläuche oder Bläschen mit einem kürzeren oder längeren Stiele vereint, bei noch anderen endlich (Figg. 201 *B*, 202) kommen zwei, drei und noch mehr einfache Träubchen in einem gemeinsamen Gange zusammen und bilden ein zierliches, zusammengesetzt traubiges Drüschen. Ausser diesen drei Formen, welche nur die Hauptabarten darstellen, finden sich nun aber noch eine ziemliche Zahl Zwischenformen, die keiner ausführlichen Beschreibung bedürfen.

Die Talgdrüsen kommen vorzüglich an behaarten Stellen vor und münden zugleich mit den Haarbälgen an der Oberfläche aus, weshalb man sie Haarbalgdrüsen benannt hat. Bei allen stärkeren Haaren erscheinen die Drüsen als seitliche Anhänge der Haarbälge und öffnen sich mit engeren Ausführungsgängen in dieselben (Figg. 164, 191), bei Wollhaaren dagegen sind häufig Drüsengänge und Haarbälge ungefähr gleich stark (Fig. 201 *B*) und münden in einen gemein-

samen Gang, den man ebenso gut als Fortsetzung des einen als des anderen Gebildes betrachten kann, oder es überwiegen selbst die Drüsengänge (Fig. 202) und treten die Haare in das untergeordnete Verhältniss, so dass sie mit ihren Bälgen in die Drüsen ausgehen und selbst zur Drüsenöffnung herauskommen.

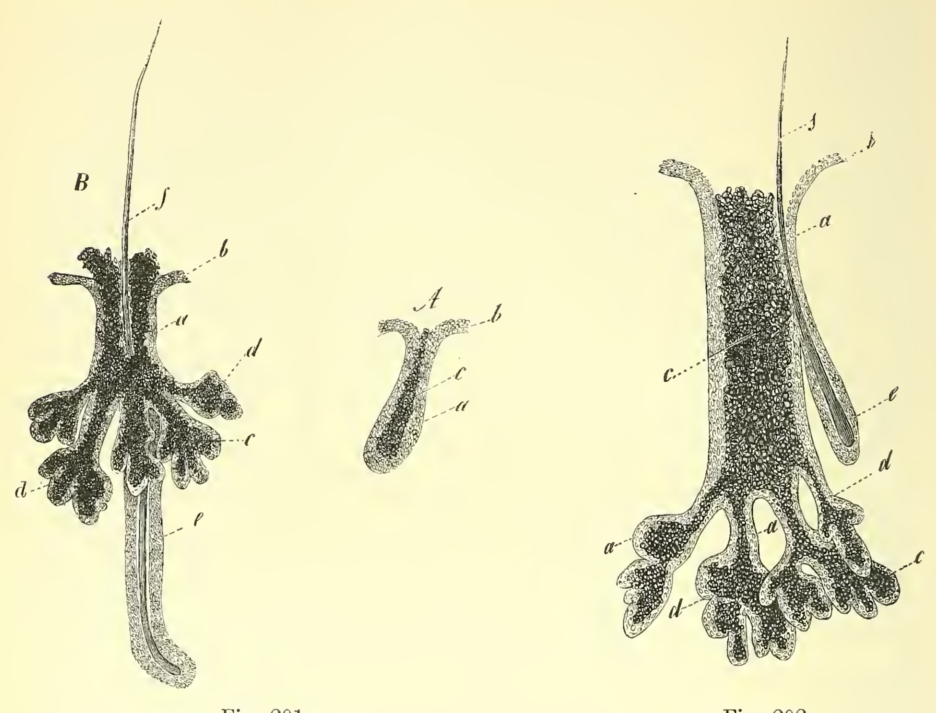


Fig. 201. Fig. 202.

An unbehaarten Stellen finden sich die Talgdrüsen nur am rothen Lippenrande (*ich*), an den *Labia minora* (s. unten) und der *Glans* und dem *Praeputium penis*, fehlen dagegen an der *Glans* und dem *Praeputium clitoridis*. Im Allgemeinen sitzen die Drüsen dicht an den Haarbälgen in den oberen Theilen der Cutis und sind bei kleineren Haaren stärker als bei grösseren; doch zeigen sich im Einzelnen manche Verschiedenheiten. Was die Drüsen der stärkeren Haarbälge anbelangt, so sind dieselben meist einfach traubenförmig von 0,2 bis 0,7 mm mittlerer Grösse und zu 2—5 um die Bälge herumgestellt. Die kleinsten von 0,2— 0,4 mm finden sich je zu zweien an den Kopfhaaren, schon stärkere von 0,4 — 0,6 mm an den Barthaaren und den längeren Haaren der Brust und Achselgrube, an denen sie meist zu mehreren um die Bälge herumliegen,

Fig. 201. Talgdrüsen von der Nase, etwa 50 Mal vergr. *A* Einfache schlauchförmige Drüse ohne Haar. *B* Zusammengesetzte Drüse, die mit einem Haarbalge zusammenmündet. *a* Drüsenepithel, zusammenhängend mit *b* dem *Stratum Malpighii* der Oberhaut; *c* Inhalt der Drüsen, Talgzellen und freies Fett; *d* die einzelnen Träubchen der zusammengesetzten Drüse; *e* Haarbalg (Wurzelscheide) mit dem Haare *f*.

Fig. 202. Eine ganz grosse Drüse von der Nase mit kleinem, einmündendem Haarbalge. 50 Mal vergr. Die Buchstaben *a—f* wie in Fig. 201.

die allergrössten am *Mons veneris*, den *Labia majora* und dem *Scrotum*, allwo sie, wenigstens am letzten Orte, an der unteren Grenze der Cutis sich befinden und je die 4—8 zusammengehörenden Drüsen die Gestalt von schönen, 0,5 bis 1—2 mm breiten Sternen haben. An den Bälgen kleiner starker Haare finde ich kleinere Talgdrüsen meist zu zweien von 0,1—0,5 mm, so an den Augenbrauen, den Augenwimpern und den Haaren des Naseneinganges. An den Wollhaaren zeigen sich meist grössere Drüsen oder Drüsenhäufchen von 0,5 bis 2,2 mm am allerschönsten an der Nase, dem Ohre (*Concha*, *Fossa scaphoidea* etc.), dem Penis (vordere Hälfte), dem Warzenhofe, namentlich an ersterer, deren Drüsen oft eine mächtige Grösse und ganz absonderliche Formen annehmen (Fig. 202), die in krankhafte Bildungen übergehen; von 0,4—0,7 mm Grösse sind die Drüsen meist auch an der *Caruncula lacrymalis*, den Lippen (behaarter Theil), an Stirn, Brust und Bauch, etwas kleiner von 0,3—0,5 mm, doch immerhin meist grösser als an den Kopfhaaren, an den Augenlidern, den Wangen, dem Halse, dem Rücken und den Gliedern. Von den Drüsen, die nicht mit Haarbälgen zusammenhängen, sind nur die des rothen Lippenrandes und der *Labia minora* zum Theil von ansehnlicher Grösse (0,3 bis 1 mm) und zierlich strahlenförmig von Gestalt, mit Oeffnungen von 75 μ, die anderen sind meist einfach schlauchförmig und höchstens 0,3—0,4 mm lang, 0,14 mm breit. — Die Drüsenbläschen der Talgdrüsen sind entweder rund oder birn- und flaschenförmig, ja selbst langgestreckt wie Schläuche. Ihre Grösse wechselt ungemein von 140—160 μ Länge, 40—120 μ Breite und beträgt im Mittel 70 μ bei den runden, 180 μ Länge, 70 μ Breite bei den anderen. Die Ausführungsgänge derselben sind ebenfalls von sehr verschiedenen Durchmessern, bald lang, bald kurz, weit oder eng; die Hauptausführungsgänge messen an Nase und *Labia minora* bis 750 μ Länge, 150—350 μ Breite und haben ein 35—70 μ dickes Epithel.

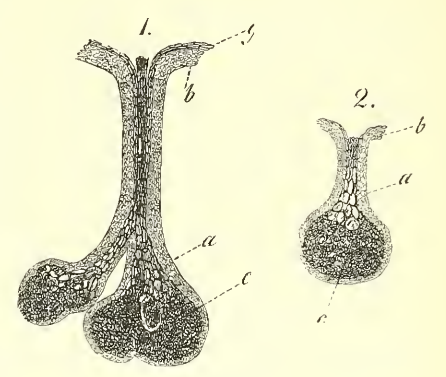


Fig. 203.

Die Talgdrüsen an der *Glans penis* und dem inneren Blatte des *Praeputium* oder die *Tyson*'schen Drüsen sind sehr unbeständig und finden sich bald nur in höchst geringer Anzahl (2—10), bald in grosser Menge, selbst zu Hunderten. Dieselben sind gewöhnliche Talgdrüsen, die von denen anderer Gegenden nur dadurch sich unterscheiden, dass sie nicht mit Haarbälgen in Verbindung stehen, sondern frei in der Haut sich öffnen. Man unterscheidet sie meist schon mit freiem Auge als kleine weissliche, nicht über die Haut hervorragende Punkte, und an mit Natron oder Essigsäure behandelten Hautlamellen lassen sich auch mikrokospisch ihre Eigenthümlichkeiten sehr leicht studiren. Es ergiebt sich, dass dieselben theils einfach schlauchfärmig, theils ein-

Fig. 203. Zwei Talgdrüsen, die grössere 1. von dem inneren Blatte der Vorhaut, die kleinere 2. von der *Glans penis*. 50 Mal vergr. *a* Drüsenepithel, sich fortsetzend in die *Malpighi*'sche Schicht der Haut *b*. *c* Drüseninhalt mit einzelnen grösseren Fetttropfen. *g* Hornschicht der Oberhaut, etwas in den Drüsengang sich hineinziehend.

fach traubenförmig sind. Die ersteren besitzen einen rundlichen oder birnförmigen Schlauch von 110—270 μ Durchmesser und einen geraden Ausführungsgang von 220 μ Länge und 55—75 μ Breite, die letzteren haben 2, 3 höchstens 5 Endbläschen und messen 80—400 μ im Ganzen; die Oeffnungen der beiderlei Drüsen von 50—140 μ sind nicht schwer zu sehen. Bezüglich auf den Sitz dieser Drüsen bemerke ich, dass ich dieselben, 10—50 und darüber an Zahl, an der Vorhaut (innerem Blatt), besonders in der Gegend des *Frenulum* und ihres vorderen Theiles nie vermisse, während sie an der *Glans* selbst und ihrem Halse bald vollkommen mangeln, bald, und dann meist in grösserer Zahl bis auf 100, besonders an ihrer vorderen Fläche vorkommen. An der Vorhaut sind die Drüsen vorzüglich traubige, hier mehr einfache. Der Inhalt derselben ist vollkommen wie bei anderen Talgdrüsen, namentlich fetthaltige Zellen, worüber unten mehr.

Die Talgdrüsen der weiblichen äusseren Genitalien finden sich an der inneren und äusseren Seite der *Labia minora* meist in grosser Menge und sind zum Theil ebenso gross wie die an den kleinen Härchen der Innenfläche der *Labia majora*, zum Theil kleiner. *Glans* und inneres Blatt des *Praeputium clitoridis* haben mir nie Talgdrüsen dargeboten, obschon *Burkhardt* von solchen an der *Corona clitoridis* spricht, wohl aber in einzelnen Fällen die Umgegend der Harnröhrenmündung und der Scheideneingang selbst. Die von mir aufgefundenen Talgdrüsen des rothen Lippenrandes sitzen an dem Theile, der bei geschlossenen Lippen von aussen sichtbar ist und finden sich vor Allem an der Oberlippe, seltener an der Unterlippe. Auch dort sind dieselben, wenn auch in der Regel vorhanden, doch nicht beständig und auch an Zahl sehr wechselnd, so dass oft nur einige wenige Drüschen (meist am Mundwinkel), andere Male 50—100 solcher sich finden. Nach *Wertheimer* sind diese Drüsen bei Neugeborenen noch nicht vorhanden, ebenso wenig wie die der *Labia minora* (Arch. général. 1883).

Den Talgdrüsen in allem Wesentlichen ganz gleich, nur grösser, sind die *Meibom*schen Drüsen der Augenlider, von denen eine genaue Beschreibung beim Auge gegeben werden soll (Fig. 192).

§ 79.

Der feinere Bau der Talgdrüsen ist folgender: Jede Drüse besitzt eine äussere zarte Hülle von Bindegewebe, die von dem Haarbalge oder bei freien Drüsen von der Lederhaut ausgeht, und im Inneren Zellenmassen, die je nach den verschiedenen Gegenden der Drüsen verschieden sich verhalten. Geht man von dem Ausführungsgange einer derselben aus, so sieht man, dass, gerade wie die Bindegewebshülle des anstossenden Haarbalges, so auch ein Theil seiner äusseren Wurzelscheide (seltener auch die Hornschicht der Epidermis) in den Gang selbst übergeht und denselben mit

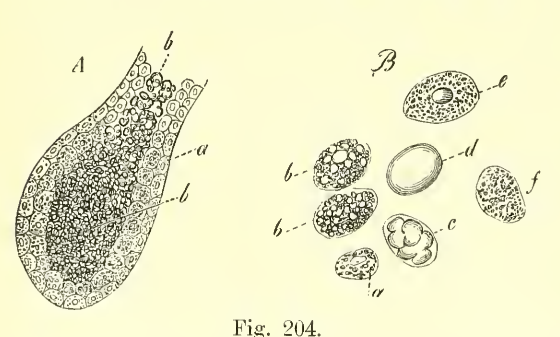


Fig. 204.

Fig. 204. *A* Ein Drüsenbläschen einer gewöhnlichen Talgdrüse. 250 Mal vergr. *a* Epithel scharf begrenzt, aber ohne Bekleidung von einer *Membrana propria* und unmittelbar übergehend in die fetthaltigen Zellen *b* (die Umrisse derselben sind zu undeutlich angegeben) im Innern des Drüsenschlauches. *B* Talgzellen aus den Drüsenschläuchen und dem Hauttalge. 350 Mal vergr. *a* Kleinere fettarme, noch mehr epithelartige kernhaltige Zelle; *b* fettreiche Zellen, ohne sichtbaren Kern; *c* Zelle, in der das Fett zusammenzufliessen beginnt; *d* Zelle mit einem Fettropfen; *ef* Zellen, deren Fett theilweise ausgetreten ist.

einer mehr- (2—6)- fachen Schicht von kernhaltigen, rundlichen oder vieleckigen Zellen auskleidet. Diese Zellenschicht nun setzt sich, nach und nach zarter werdend, in die entfernteren Drüsentheile fort und dringt endlich auch in die eigentlichen Drüsenbläschen ein (Fig. 204 *A*), um dieselben in einfacher, selten doppelter Lage auszukleiden. Nach innen von diesen Zellen, die durch eine grössere oder geringere Menge von Fettkörnchen von den höher gelegenen Epithelzellen sich unterscheiden, folgen in den Drüsenbläschen selbst unmittelbar andere (Fig. 204 *Ba*), welche mehr Fett enthalten und diese gehen endlich in die innersten Zellen der Drüsenbläschen über, die, ohne Ausnahme grösser (von 36—65 μ) als die mittleren und äussersten Zellen, rundlich oder länglich rund von Gestalt und mit farblosem Fette so erfüllt sind, dass man sie nicht unpassend Talgzellen nennen könnte (Fig. 204 *B*). Ihr Fett erscheint entweder noch in Gestalt von getrennten Tröpfchen (*bb*), wie in den äusseren Zellen, oder, und zwar noch häufiger, unter der Form grösserer Tropfen (*c*), ja in manchen Zellen sind nur einige wenige derselben oder selbst nur ein einziger, die Zelle ganz erfüllender Tropfen vorhanden (*d*), so dass dann eine grosse Aehnlichkeit mit einer Fettzelle des *Panniculus adiposus* sich herausstellt. Verfolgt man diese innersten Zellen, die nur selten noch Kerne entdecken lassen, nach den Ausführungsgängen zu, so ist nichts leichter als die Wahrnehmung, dass ähnliche Zellen, ohne Unterbrechung eine an die andere gereiht, auch in diese, d. h. in den von ihrem Epithel umschlossenen Raum sich fortsetzen, dann, in den Haarbalg eingetreten, den Raum zwischen dem Haare und der Oberhaut des Haarbalges einnehmen, und schliesslich nach aussen abgeschieden werden. Diese Zellen und nichts anderes bilden den Hauttalg, einen frisch und bei der Körperwärme halbflüssigen Stoff, der jedoch in Leichen fester, wie Butter oder weicher Käse, weisslich oder weisslich-gelb von Farbe, bald zäher, bald leichter zerreiblich erscheint. Seine Zellen kleben in der frischen Absonderung mehr oder weniger fest zusammen und sind daher meist abgeplattet und unregelmässig von Gestalt, ihre Hülle ist nicht zu erkennen und der Inhalt ganz gleichartig, durchscheinend mit einem gelblichen Schimmer. Setzt man aber verdünnte Alkalien zu, so quellen dieselben nach einiger Zeit zu schönen, rundlichen oder länglichrunden Bläschen auf, in denen durch das eingedrungene Mittel das Fett in einzelne Tröpfchen von verschiedener Grösse und unregelmässige Häufchen sich sondert, zugleich wird der Hauttalg weiss wegen der entstehenden vielen kleinen Fetttheilchen und bilden sich grössere Fettropfen wahrscheinlich in Folge der Auflösung mancher Zellen. Ausser den Talgdrüsen führt der Hauttalg auch noch freies Fett in grösserer oder geringerer Menge und vielleicht auch in einigen Fällen eine äusserst geringe Menge einer hellen Flüssigkeit.

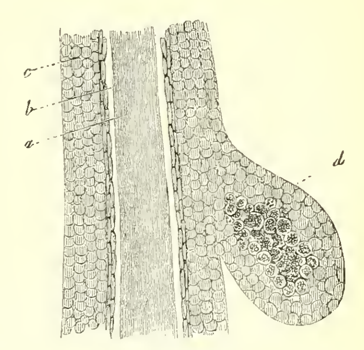


Fig. 205.

Fig. 205. Zur Entwickelung der Talgdrüsen von einem 6monatlichen Fötus, ungefähr 250 Mal vergr. *a* Haar, *b* innere Wurzelscheide, hier mehr der Hornschicht der Oberhaut gleich, *c* äussere Wurzelscheide, *d* Talgdrüsenanlage.

Von Nerven an den Talgdrüsen, die *Colasanti* beschreibt, habe ich nichts bemerkt, ebenso wenig von Gefässen, die auf und zwischen ihren Läppchen selbst sich ausbreiten, dagegen finden sich allerdings um grössere Drüsen herum, Gefässe feinerer Art und selbst Kapillaren in Menge. Noch erinnere ich an die oben bei der Lederhaut beschriebenen glatten Muskeln in der Nähe der Talgdrüsen, deren Zusammenziehung für die Entleerung des Inhaltes derselben sicherlich von einer gewissen Bedeutung ist.

Die Talgdrüsen entwickeln sich als Wucherungen der äusseren Wurzelscheide der Haarbälge zwischen dem 4. und 5. Fötalmonate. Die anfangs warzenförmigen Auswüchse (Fig. 184) gestalten sich nach und nach zu birn- und flaschenförmigen Gebilden, in welchen dann auch eine Höhle dadurch entsteht, dass die innersten Zellen dieser Anlagen eine physiologische Fettmetamorphose erleiden (Fig. 205). Dieses Fett wird dann als erstes Sekret oder Hauttalg in die Haarbälge, deren Haare mittlerweile durchgebrochen sind, entleert. Die weitere Entwickelung der Talgdrüsen ist leicht zu begreifen. Die Zellenmasse derselben wuchert durch solide Sprossenbildung weiter, wodurch die Drüse verästelt, traubenförmig wird und in diesen Knospen geht dann die Bildung von Höhlungen genau ebenso vor sich, wie in den ersten Anlagen. Die Bildungsgesetze sind mithin bei diesen Drüsen insofern im Einklange mit dem, was wir bei den Haaren fanden, als es ebenfalls die Keimschicht der Epidermis ist, von der ihre Entwickelung ausgeht und die Drüsenanlagen anfänglich auch nichts als solide Massen sind, in denen dann durch Differenzirung der Elemente ein Gegensatz zwischen Wand und Innerem entsteht. Wo die Talgdrüsen selbständig vorkommen, wie z. B. an der *Glans penis*, entwickeln sich dieselben nach dem nämlichen Typus aber direkt von der Epidermis aus.

Die Bedeutung des *Arrectors pilorum* für die Entleerung des Hauttalges scheint mir von vielen Autoren überschätzt zu werden, da eine energische Zusammenziehung dieser Muskeln, die eine Gänsehaut bewirkt, nur unter ganz besonderen Verhältnissen sich findet, ferner Talgdrüsen vorkommen, die keinerlei Muskeln, weder glatte noch quergestreifte, in ihrer Nähe haben (*Tyson*'sche Drüsen, *Labia minora*, viele Drüsen im Gesicht, der Nase) endlich solche Muskeln an den Federbälgen von Vögeln ohne alle Beziehungen zu Drüsen sich finden.

Bei der Untersuchung der Talgdrüsen legt man dieselben entweder von innen her bloss und schneidet sie mit den betreffenden Haarbälgen von der Cutis ab, oder man macht nicht zu feine senkrechte Hautschnitte. Hat man den feineren Bau der Drüsen an denen des *Scrotum* und *Penis*, so wie der *Labia minora*, welche ohne alle Mühe einzeln für sich darzustellen sind, und daher am besten zur ersten Untersuchung sich eignen, erforscht, wobei namentlich auch Essigsäure, die die umliegenden Theile durchsichtig macht, sich sehr dienlich erweist, so kann man bei den übrigen, wenn es nur auf Form, Lage und Grösse ankommt, sich mit dem grössten Vortheile der kaustischen Alkalien bedienen, welche, während sie die Drüsen ihres Fettreichthums wegen wenig angreifen, alle sie verdeckenden Theile aufhellen. Will man nicht die Hülle, sondern die Zellen der Drüsen untersuchen, und zugleich ihre Form ganz übersehen, so ist nichts besser, als die Haut zu erweichen; alsdann ziehen sich mit der Epidermis die Haare mit ihren Wurzelscheiden und die Zellenmassen der Talgdrüsen, Epithel sammt Inhalt *in toto*, oft wunderschön heraus. Wo die Epidermis dünn ist (*Scrotum*, *Labia majora*, *Glans penis*), erreicht man dasselbe durch Aufträufeln starker Essigsäure in kurzer Zeit, ebenso, jedoch mit grösserer Zerstörung der Drüsenzellen, durch Natron. Für die Erforschung der Entwickelung der Talgdrüsen ist die Erweichung der fötalen Haut in Wasser und Aufhellung derselben durch Essigsäure von grossem

Nutzen. Die fetthaltigen Zellen im Innern der Drüsen lassen sich durch Zerzupfen einer grösseren Drüse leicht darstellen, und was den ausgeschiedenen Inhalt betrifft, so ist derselbe ohne Zusatz, mit Wasser und mit Natron zu untersuchen. An erhärteten und in gewöhnlicher Weise in Balsam eingelegten Drüsen, deren Fett ausgezogen ist, findet man das Innere der Drüsenzellen von einem äusserst zierlichen *Plastin*-Netze erfüllt.

Litteratur. Man vergleiche die bei der Haut citirten Abhandlungen von *Gurlt* (p. 409), *Krause* (S. 126), *G. Simon* (S. 9), *Valentin* (S. 758), dann die allgemeinen Werke von *Henle* (S. 899), *Todd-Bowman* (S. 424, Fig. 92), *Hassall* (Pl. LIV, sollte LIII heissen [S. 401]), *Bruns* (S. 340), *Gerber* (S. 75, Fig. 40, 42, 43, 44, 45. 239), *Arnold* (II. Th.) und *mir*, die Abbildungen von *Ecker* (Icon. phys. Tab. XVII), *Arnold*, (Icon. anatom. fasc. II. Tab. XI, Fig. 10) und *Berres* (Tab. XXIV), ausserdem noch *G. Simon* in *Müll.* Arch. 1844, S. 1. *Ercolani*, Gland. cutanee degli anim. domestici, Torino 1854; *L. Porta*, dei tumori folliculari sebacei, Milano 1856; *Kölliker*, in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XI (Talgdrüsen der Lippen); *Kästner*, in Arch. f. Gynakol. Bd. 12. 1877 (Milium, Comedonen b. Neugeborenen); *Unna*, in *Virch.* Arch. Bd. 82 (Comedonen); *Colasanti*, in Ricerche f. n. labor. di Anat. di Roma 1872; *Wertheimer*, in Arch. générales. 1883; *Diesing*, in *L. Gerlach's* Beiträgen I. 1884; *Grafberg*, in *Schenk's* Mitth. II. (*Meibom*'sche Drüsen).

Vom Knochensysteme.

§ 80.

Das Knochensystem besteht aus einer grossen Anzahl harter Organe, den Knochen, *Ossa*, von eigenthümlichem, gleichförmigem Baue, welche theils unmittelbar, theils durch Hilfe anderer Gebilde, wie von Knorpeln, Bändern, Gelenkkapseln zu einem zusammenhängenden Ganzen, dem Knochengerüste oder Skelete, *Sceleton*, verbunden sind.

Das Knochengewebe tritt in den Knochen des Menschen hauptsächlich in zwei Formen auf, als festes und als schwammiges (*Substantia compacta et spongiosa*). Ersteres ist nur scheinbar ganz fest und lässt schon für das blosse Auge enge, in verschiedener Richtung es durchziehende Kanälchen erkennen, zu denen die mikroskopische Untersuchung noch eine grosse Zahl feinerer beigesellt. Diese Gefässkanälchen oder *Havers*ischen Kanälchen (Markkanälchen der Autoren) fehlen in der schwammigen Substanz, man kann sagen, fast ganz und werden durch weitere, rundliche oder längliche, ohne Vergrösserung sichtbare, mit Mark (bei einigen Knochen durch Venen oder Nerven [Schnecke]) erfüllte Räume, die Markräume oder Markzellen (*Cancelli, Cellulae medullares*), vertreten, welche, alle miteinander zusammenhängend, das in geringer Menge vorhandene, in Gestalt von Fasern, Blättchen und Bälkchen netzförmig verbundene Knochengewebe durchziehen. Sind die Räume grösser, so heisst die Substanz *Substantia cellularis*, sind sie kleiner *Substantia reticularis*. Letztere nähert sich an einigen Orten, wo ihre Lücken sehr enge, die Knochenbälkchen stärker werden, fester Knochensubstanz, ohne jedoch wirklich solche zu werden, und geht an anderen ohne scharfe Grenze in festes Gewebe über, was daher rührt, dass, wie die Entwickelungsgeschichte

lehrt, häufig spongiöse Substanz durch theilweise Auflösung kompakter entsteht, andererseits auch kompakte Substanz aus spongiöser sich hervorbildet. — Der Antheil, den die beiden genannten Substanzen an der Bildung der verschiedenen Knochen und Knochentheile nehmen, ist ein sehr verschiedener. Nur an wenigen Orten findet sich feste Substanz für sich selbst ohne Gefässkanäle, so an der *Lamina papyracea* des Siebbeins, einigen Theilen des Thränen- und Gaumenbeins u. s. w., häufiger noch solche mit Gefässkanälchen ohne schwammiges Gewebe, wie bei manchen Individuen an den dünnsten Stellen des Schulterblattes, des *Os ilium*, der Hüftpfanne, der platten Schädelknochen (*Ala magna, parva, Proc. orbitalis Ossis frontis* etc.). Schwammiges Gewebe mit einer dünnen festen Rinde ohne Gefässkanälchen zeigen die Gehörknöchelchen, die überknorpelten Flächen aller Knochen und kleinere schwammige Knochen von Thieren. An allen anderen, mithin an den meisten Orten, finden sich beide Substanzen vereint, jedoch so, dass bald die schwammige Substanz vorwiegt (schwammige Knochen und Knochentheile), wie in den Wirbeln, Hand- und Fusswurzelknochen, bald die feste, wie in den Diaphysen der langen Knochen, oder beide sich so ziemlich das Gleichgewicht halten, wie in den platten Knochen.

§ 81.

Feinerer Bau des Knochengewebes. Das Knochengewebe besteht aus einer dichten, meist deutlich geschichteten und von Gefässkanälen durchzogenen Grundsubstanz und vielen mikroskopischen kleinen Räumen, den Knochenhöhlen (Knochenkörperchen der Autoren), mit sehr feinen hohlen Ausläufern, den Knochenkanälchen, in denen besondere Zellen mit Ausläufern, die Knochenzellen, enthalten sind.

Die Gefässkanälchen der Knochen oder *Havers*ischen Kanäle, *Canaliculi vasculosi s. Haversiani* (Markkanälchen, *Can. medullares* der Autoren) sind feinere und grössere Kanäle von 9—400 μ, im Mittel 22—110 μ Breite, die mit Ausnahme der vorhin genannten Orte überall in der kompakten Knochensubstanz sich finden und in derselben ein weitmaschiges, in der Form dem der Kapillargefässe ähnliches Netz bilden. In den Röhrenknochen, auch in den Rippen, dem Schlüsselbeine, dem Scham- und Sitzbeine, dem Unterkiefer laufen sie vorzüglich der Längsachse des Knochens parallel und zwar auf dem Flächen- wie auf dem senkrechten Längsschnitte in Abständen von 140—300 μ und setzen sich durch quere oder schiefe, sowohl in der Richtung der Radien als der der Tangenten des Knochenquerschnittes verlaufende Aestchen in Verbindung. Man sieht daher bei kleinen Vergrösserungen in einem Flächen- oder senkrechten Längsschnitte eines solchen Knochens vorzüglich der Länge nach ziehende, gleichlaufende, nahe beisammengelegene Kanälchen hie und da mit Verbindungsästen, wodurch gestreckte, meist rechteckige Maschen entstehen, die in junger Knochensubstanz (Fig. 208) viel dichter stehen, als in fertigen Lagen (Fig. 206), und auf dem Querschnitte vorzüglich Querschnitte der Kanälchen, in ziemlich bestimmten kleinen Abständen (Fig. 207), hie und da, besonders häufig in jüngeren Knochen, mit einem tangential verlaufenden Verbindungsaste und einigen Verbindungen in der Richtung der Radien. Fötale und unentwickelte Knochen (beim Menschen noch bei 16jährigen) zeigen auf Quer-

schnitten fast keine quergetroffenen, sondern vorzüglich wagerecht in der Richtung der Tangenten und der Radien verlaufende Kanälchen (Fig. 209), so dass die Knochen ganz aus kürzeren dicken Schichten zu bestehen scheinen, von denen jede bei näherer Betrachtung als immer zwei Kanälchen angehörend sich ergiebt, welche Trennung auch durch eine blasse Mittellinie in jeder Schicht angedeutet ist.

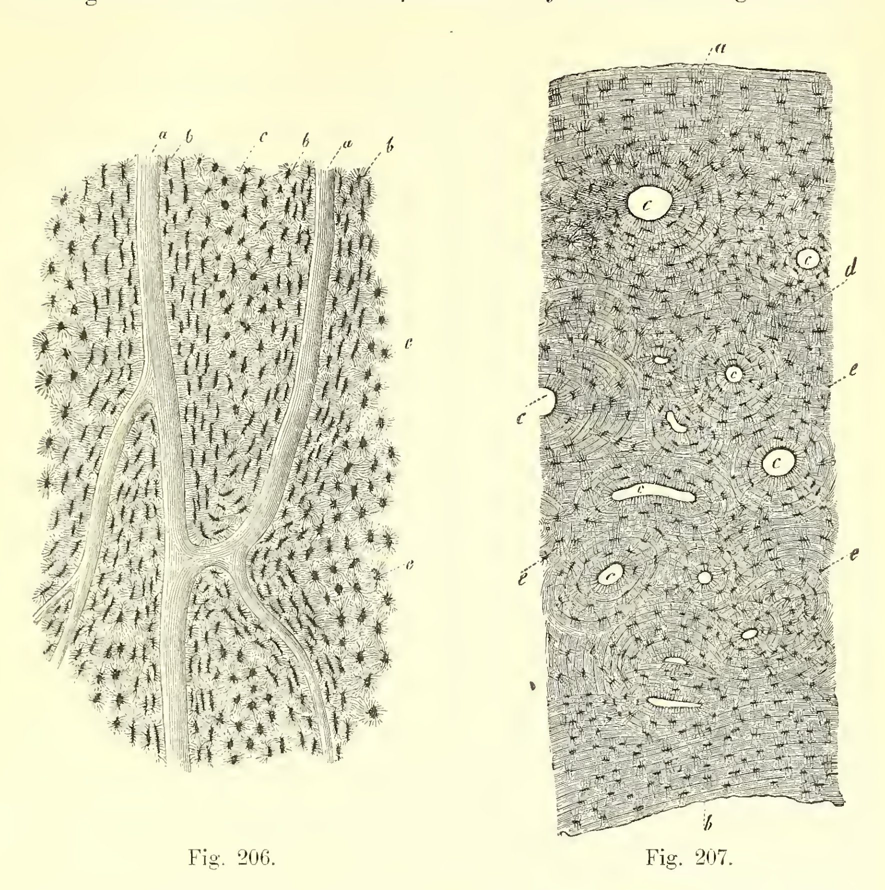


Fig. 206. Fig. 207.

In den platten Knochen verlaufen die Kanälchen die wenigsten in der Richtung der Dicke des Knochens, sondern fast alle seiner Oberfläche gleich und zwar meist in Linien, welche man als von einem Punkte (*Tuber parietale, frontale*, obere vordere Ecke der *Scapula*, Gelenktheil des Darmbeines) pinsel- oder sternförmig nach einer oder mehreren Seiten ausstrahlend sich denken

Fig. 206. Flächenschliff aus der Diaphyse eines menschlichen *Femur*. 100 Mal vergr. *a* Gefässkanälchen, *b* Knochenhöhlen von der Seite, zu den Lamellen derselben gehörend, *c* solche von der Fläche, aus der Fläche nach angeschliffenen Lamellen.

Fig. 207. Segment eines Querschliffes von einem menschlichen *Metacarpus* mit konzentrirtem Terpentinöl behandelt. 90 Mal vergr. *a* Aeussere Oberfläche des Knochens mit den äusseren Grundlamellen. *b* Innere Oberfläche gegen die Markhöhle mit den inneren Lamellen. *c Havers*ische Kanälchen im Querschnitt mit ihren Lamellensystemen. *d* Interstitielle Lamellen. *e* Knochenhöhlen und ihre Ausläufer.

kann, seltener, wie im Brustbeine, alle einander gleich. In den kurzen Knochen endlich ist es meist auch Eine Richtung, welche vor der anderen vorwiegt, so in den Wirbelkörpern die senkrechte, in der Hand- und Fusswurzel die Längsachse der Extremität u. s. w., doch ist zu bemerken, dass stärkere Fortsätze dieser Knochen, z. B. die Wirbelfortsätze, oft abweichend und gerade wie die anderer Knochen, z. B. der *Proc. coracoideus, styloideus* etc., d. h. jeder wie ein kurzer Röhrenknochen, sich verhalten. Die Blättchen, Fasern und Balken der spongiösen Substanz enthalten nur, wenn sie dicker sind, hie und da Gefässkanäle.

Die *Havers*ischen Kanälchen kommen in zwei Varietäten vor, nämlich einmal als von besonderen Lamellensystemen umgebene echte



Fig. 208.

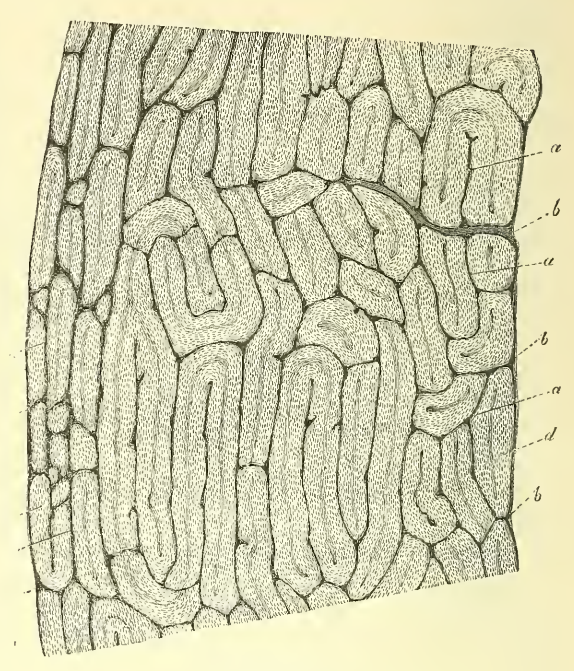


Fig. 209.

*Havers*ische Kanäle und 2. als die von mir sogenannten *Volkmann*'schen Kanäle, welche die perforirenden Gefässe *v. Ebner's* enthalten und von keinen Lamellensystemen begleitet sind, sondern einfach andere Lamellen durchbohren. Diese *Volkmann*'schen Kanäle finden sich in allen Röhrenknochen von jüngeren und älteren Individuen vor allem in den äusseren Grundlamellen, aber auch in den interstitiellen Blättern und in den inneren Hauptlamellen, ferner in den Periostablagerungen der Schädelknochen, doch ist die Zahl dieser Kanäle eine sehr wechselnde (Fig. 210). Dieselben ziehen häufig sich theilend z. Th. quer oder schief durch die Lamellen, z. Th. auch longitudinal. Viele dieser Kanäle münden an der äusseren oder inneren Oberfläche

Fig. 208. *Havers*ische Kanälchen aus den oberflächlichen Schichten des *Femur* eines 16jährigen Individuums, mit Salzsäure behandelt. 60 Mal vergr. *a* Kanäle, *b* Knochensubstanz mit Knochenhöhlen.

Fig. 209. Segment eines Querschliffes aus der Diaphyse des *Femur* eines 16 jährigen Individuums. 25 Mal vergr. *a Havers*ische Kanäle, *b* Ausmündung derselben nach innen, *c* nach aussen; *d* Knochensubstanz mit Knochenhöhlen; Querschnitte von Gefässkanälchen und Grundlamellen sind hier keine da.

der *Substantia compacta* und ausnahmslos auch hie und da in *Havers*ische Kanälchen und bilden im Ganzen häufig ein weitmaschiges unregelmässiges Netz. Dem Baue nach sind die *Volkmann*'schen Kanäle bald glattwandig, bald im Profil wie mit Hervorwölbungen nach innen und nach aussen stehenden Spitzen

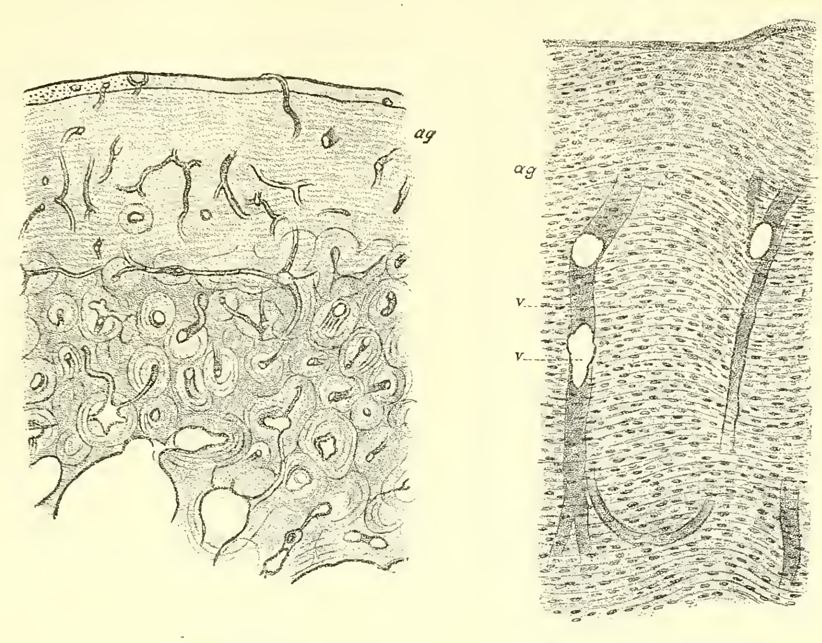


Fig. 210. Fig. 211.

versehen. Die weitesten haben den Durchmesser von 100 μ und mehr und die engsten nicht mehr als 10—20 μ, ja es kommen neben diesen noch engere und selbst ganz obliterirte vor, welche wie dicke, helle Ringe mit engster Lichtung oder als kreisförmige Gebilde ohne Lumen von eigenem Glanze erscheinen, in ähnlicher Weise, wie das Centrum ganz obliterirter echter *Haversi*scher Kanälchen, wie solche *Tomes* und *de Morgan* zuerst beschrieben haben (S. 118, 120 Pl. VII Fig. 15) und die im Ganzen keine seltenen Erscheinungen sind. Der Inhalt der *Volkmann*'schen Kanälchen ist derjenige der *Havers*'schen Kanäle.

Da die *Havers*ischen Kanälchen Gefässkanälchen sind, öffnen sie sich an gewissen Orten und zwar 1. an der äusseren Oberfläche der Knochen und 2. an den Wänden der Markhöhlen und Markräume im Innern, allwo man überall feine und gröbere, zum Theil mit blossem Auge sichtbare Oeffnungen und zwar um so zahlreicher, je dicker die Rinde eines Knochen ist, wahrnimmt. Das Verhältniss der Gefässkanälchen in der *Substantia compacta* zu diesen von

Fig. 210. Querschnitt aus der Mitte der Diaphyse eines entkalkten Humerus des Menschen bei ger. Vergr. Die äusseren Grundlamellen *a g* enthalten eine grosse Zahl längsverlaufender und quergetroffener *Volkmann*'scher Kanäle.

Fig. 211. Ein Theil eines Querschnittes wie Fig. 210. Stärker vergrössert.

aussen und innen eindringenden Kanälchen ist jedoch nur theilweise das, wie zwischen den Zweigen und Stämmen von Gefässen, nämlich nur in den äussersten und innersten Schichten der Rinde. Im Innern der Rinde stehen die Kanälchen selbständig für sich da und lassen sich in morphologischer Beziehung am passendsten mit einem Kapillarnetze vergleichen, das an seinen Grenzen an vielen Stellen mit grösseren Kanälen in Zusammenhang steht. — Wo Rindensubstanz an schwammige Substanz anstösst, wie innen an den Enden der Diaphysen und im seitlichen Umfange der Apophysen, gehen die Gefässkanälchen bald plötzlich, bald ganz allmählich, trichterförmig weiter werdend und häufiger sich verbindend, in engere oder weitere Markräume über, so dass oft zwischen beiden keine scharfe Grenze sichtbar wird. Blinde Endigungen der Gefässkanälchen kommen auch vor, indem dieselben an manchen Stellen an der Oberfläche auf grosse Strecken geschlossene Netze bilden, nämlich da, wo keine oder sehr wenige Gefässe in die kompakte Substanz eindringen, wie an den Ansatzstellen vieler Sehnen und Bänder, unter manchen Muskeln (Temporalisursprung am Scheitelbein).

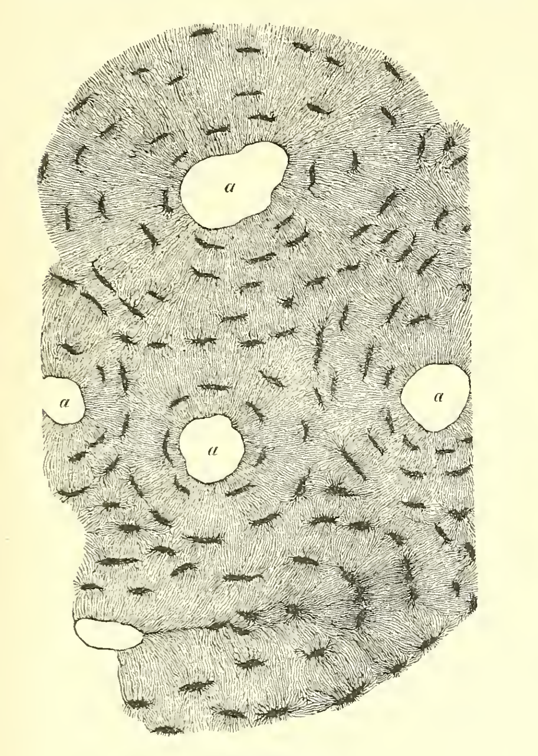
Unter dem Namen „Haversian Spaces", *Havers*ische Räume, beschreiben *Tomes* und *de Morgan* die unregelmässigen Räume, welche in jüngeren Knochen durch Auflösung schon gebildeter Knochensubstanz entstehen und statt von einfachen Blättern von einer gewissen Zahl mehr weniger zerstörter Lamellensysteme begrenzt sind und in Knochen jeden Alters sich finden (l. c. S. III. Tab. VI. Fig. 2—4). Wenn solche Räume später wieder mit Knochenmasse sich füllen und in ein neues Lamellensystem sich umwandeln, so ist dann die äussere Begrenzung desselben unregelmässig, wie es meine Fig. 225 darstellt und wie man dies in der That bei vielen derselben findet.

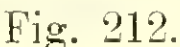
§ 82.

Knochenhöhlen und Knochenkanälchen, *Lacunae et Canaliculi ossium.* Durch die ganze Knochensubstanz zerstreut, in allen Lamellen sieht man an trockenen Knochenschliffen mikroskopische, kürbiskernartige Körperchen mit vielen feinen verästelten und zum Theil zusammenhängenden Strahlen, den Knochenkanälchen, welche ihre dunkle, bei auffallendem Lichte weisse Farbe nicht Ablagerungen von Kalksalzen verdanken, wie man früher glaubte, wo man dieselben Knochen- oder Kalkkörperchen nannte, sondern einfach einer Füllung mit Luft. In frischen Knochen findet man in jeder Knochenhöhle eine sie ganz erfüllende Zelle (*Protoblasten*) mit hellem Inhalte und einem Kerne, welche mit vielen feinen Ausläufern in die Knochenkanälchen sich erstreckt und mit ähnlichen Ausläufern benachbarter Zellen sich verbindet. Ich nenne diese Zellen, die als Vermittler der Säftecirkulation im harten Knochengewebe eine grosse physiologische Bedeutung besitzen, ihrem Entdecker zu Ehren die *Virchow*'schen Knochenzellen.

Obschon die *Virchow*'schen Zellen eigentlich das Bedeutungsvollere sind, so wird doch in der folgenden Beschreibung mehr von den sie genau umschliessenden Knochenhöhlen die Rede sein, weil diese an den Knochen, die man gewöhnlich untersucht, fast allein in die Augen springen. Dieselben sind länglich runde, abgeplattete Räume von 22—52 μ Länge, 6—14 μ Breite und 4—9 μ Dicke, die sowohl von den Rändern als und namentlich von den Flächen eine grosse Zahl von sehr feinen 1,1—1,8 μ messenden Kanälchen,

die erwähnten Knochenkanälchen, abgeben (Fig. 212, 213 u. 214). Die Knochenhöhlen sind in den beiderlei beschriebenen Lamellensystemen gleich zahlreich und so dicht aneinander gelagert, dass nach *Harting* (l. c. S. 78) auf 1 qmm 709—1120, im Mittel 910 derselben kommen. Sie liegen meist in den Lamellen drin, aber auch zwischen denselben, und stehen ohne Ausnahme mit ihren breiten Seiten den Oberflächen der Lamellen gleich. Die von ihnen ausgehenden Kanälchen durchsetzen in unregelmässigem, oft zierlich gebogenem Verlaufe und mehrfach verästelt die Knochensubstanz nach allen Richtungen, gehen jedoch vorzüglich einerseits von den zwei Flächen der Knochenhöhlen aus gerade




Fig. 212.

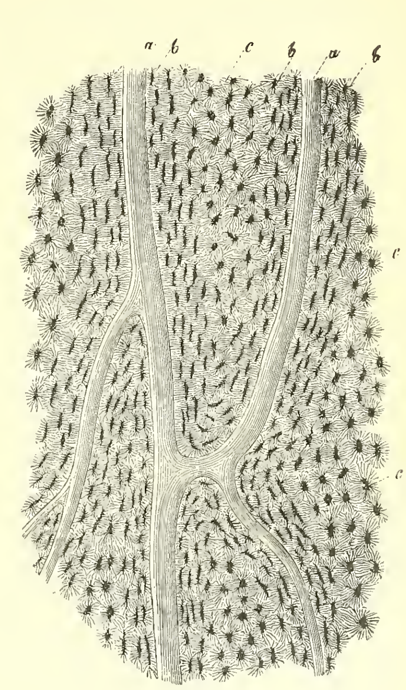


Fig. 213.

durch die Lamellen und zweitens mit den *Havers*ischen Kanälchen gleichlaufend von den beiden Polen der Höhlen ab. Nur an gewissen beschränkten Stellen enden dieselben blind, an allen anderen Orten verbindet sich ein Theil von ihnen aufs mannigfachste mit den Poren benachbarter Höhlen, während ein anderer Theil in die Gefässkanälchen, in die Markhöhle und in die Mark-

Fig. 212. Aus einem Querschliffe der Diaphyse des *Humerus*, 350 Mal vergr. *a Havers*ische Kanäle. *b* Knochenhöhlen mit ihren Kanälen in den Lamellen derselben. *c* Knochenhöhlen der interstitiellen Lamellen. *d* Solche mit einseitig abgehenden Strahlen an der Oberfläche *Havers*ischer Systeme.

Fig. 213. Flächenschliff aus der Diaphyse eines menschlichen *Femur*. 100 Mal vergr. *a* Gefässkanälchen, *b* Knochenhöhlen von der Seite, zu den Lamellen derselben gehörend, *c* solche von der Fläche, aus der Fläche nach angeschliffenen Lamellen.

räume der *Subst. spongiosa* einmündet oder an der Oberfläche des Knochens frei ausgeht. So entsteht ein die ganze Knochensubstanz durchziehendes zusammenhängendes System von Lücken und Kanälchen, durch welches vermittelst der in denselben befindlichen *Virchow*'schen Zellen der aus den Knochengefässen ausgeschiedene Nahrungssaft auch in's dichteste Gewebe hineingeleitet wird.

Die Knochenhöhlen und ihre Kanälchen verhalten sich nicht in allen Theilen der Knochen ganz auf dieselbe Weise. In den Lamellensystemen der *Havers*ischen Kanälchen sind auf dem Querschnitte die länglichen Höhlen ihrer Krümmung wegen wie ringförmig angeordnet und ihre ausnehmend zahlreichen Ausläufer bedingen eine sehr dichte, strahlige, von dem Gefässkanale ausgehende Streifung (Fig. 212). Die Höhlen sind bald äusserst zahlreich, bald spärlicher; im ersteren Falle sind sie meist ziemlich regelmässig abwechselnd oder in der Richtung der Durchmesser der Lamellensysteme hintereinander gelagert, manchmal aber auch sehr regellos gestellt, haufenweise beisammen (siehe den unteren Theil von Fig. 212) oder durch grössere Zwischenräume getrennt. Auf Flächen- und Längsschnitten (Fig. 213) sieht man einmal, wenn der Schnitt mitten durch ein *Havers*isches Kanälchen geht, die Höhlen als schmale, lange Gebilde reihenweise hintereinander und in mehrfachen Lagen den Kanälchen gleich mit ebenfalls zahlreichen Aesten, die vorzüglich gerade nach innen und aussen (also quer durch die Lamellen), einem kleineren Theile nach der Längsachse der Kanäle gleich abgehen. Trifft der Schnitt die Oberfläche eines Lamellensystemes, so bieten sich die Höhlen von der Fläche dar und erscheinen dann von sehr zierlicher Gestalt, rundlich oder länglich rund (Fig. 213 *c* und 214), unregelmässig begrenzt mit einem ganzen Bündel von Poren, die gerade dem Beobachter sich zuwenden und daher mehr oder weniger verkürzt erscheinen, und einer geringeren Anzahl anderer, die in der Fläche der Lamellen sich ausbreiten. Hie und da sieht man auch in den dünnsten Stellen eines Schliffes ein Büschel quer durchschnittener Aeste, ohne die dazu gehörige Höhle, was dann denselben ein siebförmiges Ansehen giebt (Fig. 214). Die innersten Höhlen eines *Havers*schen Systems senden die von ihrer inneren Fläche ausgehenden Kanälchen Alle nach dem *Havers*ischen Kanale hin und münden durch sie in denselben aus, wie man auf feinen, senkrechten und queren Schliffen mit Luft gefüllter Knochen und an den Wänden der Länge nach angeschliffener Markkanäle

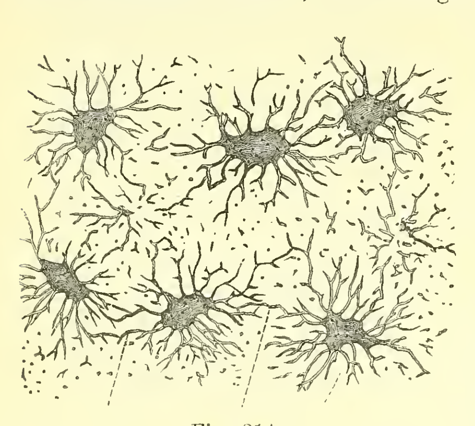


Fig. 214.

Fig. 214. Knochenhöhlen von der Fläche mit den Knochenkanälchen, aus dem Scheitelbeine. 450 Mal vergr. Die Pünktchen auf den Höhlen oder zwischen denselben gehören durchschnittenen Kanälchen an, oder sind die Mündungen solcher in den Höhlen. *aa* Gruppen von Querschnitten von Kanälchen, je zu einer Höhle gehörend, die durch den Schliff zerstört wurde.

deutlich sieht. Von den Rändern und von der äusseren Fläche derselben gehen andere Kanälchen ab, welche vielleicht hie und da blind enden, vorzüglich aber mit denen der benachbarten, namentlich äusseren Höhlen zusammenmünden. So zieht sich, indem auch die folgenden Höhlen alle miteinander sich verbinden, das Netz von Kanälchen und Lakunen bis zur äussersten Lamelle des Systemes, woselbst die Höhlen entweder mit denen benachbarter Systeme oder interstitieller Lamellen sich verbinden oder für sich enden, in welch letzterem Falle (Fig. 212 *d*) ihre Ausläufer Alle oder wenigstens die meisten und die längsten nach innen, d. h. nach dem Gefässkanälchen zu, von dem die Ernährungsflüssigkeit herkommt, abgehen.

In der interstitiellen Knochensubstanz zwischen den *Havers*ischen Systemen stehen, wenn dieselbe in geringer Menge da ist, die spärlichen, oft nur zu 1 bis 3 vorhandenen Knochenhöhlen mehr unregelmässig und haben auch eine mehr rundliche Gestalt (Fig. 212 *c*); ist dieselbe deutlich blätterig und massenhafter, so liegen die Höhlen auch geordneter mit ihren Flächen denen der Lamellen gleich. Auch die Aeste dieser Höhlen verbinden sich unter einander und mit denen benachbarter Systeme. In den äusseren und inneren Grundlamellen endlich stehen die Höhlen alle mit ihren Flächen den Flächen der Lamellen gleich und demnach meist nach innen und aussen gewendet. Auf Querschnitten erscheinen sie gerade wie die der *Havers*ischen Systeme, nur, mit Ausnahme der kleinsten Röhrenknochen, wenig oder fast gar nicht gekrümmt. Senkrechte und Flächenschnitte verhalten sich, wie schon oben beschrieben, mit der Beschränkung jedoch, dass man hier natürlich eine grössere Zahl von Höhlen von der Fläche beisammen sieht und auch das schon erwähnte siebförmige Ansehen, das den Knochen viele Aehnlichkeit mit gewissen Zahnschliffen giebt (Fig. 214), häufiger beobachtet. Die Kanälchen dieser Lamellen münden zum Theil wie gewöhnlich mit einander zusammen, zum Theil gehen sie an der äusseren und inneren Oberfläche der Knochen frei aus (Fig. 215). Wo Sehnen und Bänder an Knochen sich ansetzen, stehen vielleicht die Kanälchen der äussersten Knochenhöhlen mit den angrenzenden Bindegewebszellen in Verbindung oder enden blind, welches letztere Verhalten auf jeden Fall an den überknorpelten Knochenstellen (Gelenkenden, Rippen, Wirbelkörperoberflächen etc.) sich findet. In den Balken, Fasern und Blättern der spongiösen Substanz haben die Knochenhöhlen alle möglichen Richtungen, stehen jedoch mit ihrer Längsachse derjenigen der Fasern, Balken etc. meist gleich und mit ihren Flächen nach den Markräumen zu gerichtet. Sie verbinden sich auch hier durch ihre Kanälchen und gehen die äussersten mit denselben frei in die Markräume ein.

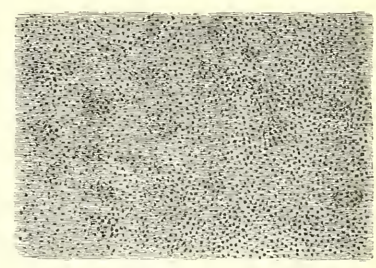


Fig. 215.

Fig. 215. Ein Stückchen der Oberfläche des Schienbeines des Kalbes von Aussen gesehen. 350 Mal vergr. Die vielen Pünktchen sind die Oeffnungen der Knochenkanälchen, die dunklen grösseren undeutlichen Flecken die aus der Tiefe durchscheinenden zu ihnen gehörenden Knochenhöhlen.

Mit Bezug auf den Inhalt der Knochenhöhlen so fanden *Donders* und *ich*, dass derselbe eine helle, wahrscheinlich zähe Flüssigkeit (*Protoplasma*) mit einem Zellenkerne ist. Kocht man nämlich Knochenknorpel in Wasser oder in *Natron causticum* 1—3 Minuten, so treten diese Kerne oft sehr deutlich hervor, oder erscheinen dunkle Körperchen, die als zusammengezogener Zelleninhalt sammt dem Kern, analog den Knorpelkörperchen. anzusehen sind. Hierauf gelang dann *Virchow* (s. Würzb. Verh. I. Nr. 13) die Entdeckung, dass durch Erweichen von Knochen in Salzsäure den Knochenhöhlen und Kanälchen in der Gestalt ganz gleiche sternförmige Gebilde einzeln sich darstellen lassen, welche von ihm für die eigentlichen Zellen des Knochengewebes erklärt und den Bindegewebskörperchen an die Seite gesetzt werden. In neuerer Zeit wurden nun die isolirbaren sternförmigen Gebilde der Knochen einer genaueren Prüfung unterzogen und stellte sich schliesslich durch die Untersuchungen von *Rouget* und vor Allem von *E. Neumann* heraus, dass die von *Virchow* isolirten Gebilde nichts anderes sind, als die die Knochenhöhlen zunächst begrenzende Schicht der knöchernen Grundsubstanz. Der beste Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung ist der, dass auch nach dem Kochen der Knochen in *Kali* oder *Natron causticum*, die sternförmigen zellenähnlichen Gebilde durch Salzsäure und Salpetersäure noch sich darstellen lassen, denn einer solchen Behandlung widersteht nach dem bis jetzt Bekannten kein *Protoblast* eines höheren Thieres und von allen Geweben nur das elastische Gewebe. Wollen wir also nicht annehmen, dass die in den Knochenhöhlen befindlichen *Protoblasten* Hüllen von der Beschaffenheit des elastischen Gewebes haben und hierzu liegt kein Grund vor, so bleibt nichts anderes übrig, als der Ansicht von *Neumann* sich anzuschliessen. (*Brösike.*)

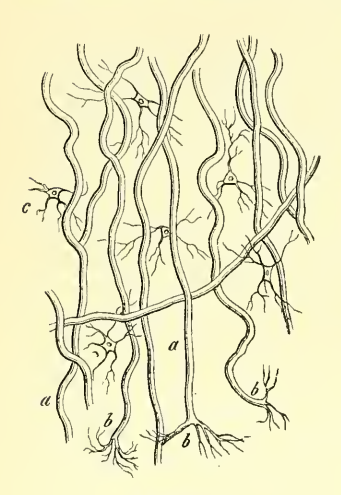


Fig. 216.

In Betreff des Inhaltes der sternförmigen isolirbaren Bildungen, denen der Name „*Virchow*'sche Knochenzellen“ bleiben oder auch der der „Knochenkapseln“ gegeben werden kann, sind die Ansichten noch getheilt. Ich betrachte alles in einer Knochenhöhle und ihren Ausläufern oder in den Knochenkapseln Eingeschlossene als einen kernhaltigen verzweigten *Protoblasten*, halte es jedoch für schwierig etwas Genaueres über dessen Verhalten auszusagen, da es kein Mittel giebt, diese *Protoblasten* unverändert in ihren natürlichen Verhältnissen darzustellen. Dagegen gewährt die Untersuchung dünner, ganz frischer Knochenplättchen, wie sie bei Säugern vom Siebbeine, bei Fischen von vielen Schädelknochen und von Schuppen sich erhalten lassen, ganz bestimmte Aufschlüsse, indem man hier in allen Knochenhöhlen länglich runde Kerne und ein helles *Protoplasma* findet, in dem keine Körnchen irgend welcher Art sich nachweisen lassen.

Solche Präparate machen auch den Eindruck, als ob die *Protoblasten* in die Knochenkanälchen Ausläufer entsendeten und für eine solche Auffassung spricht auch der Umstand, dass die Knochenhöhlen mit allen ihren Ausläufern durch gewisse Stoffe (Karmin, Eosin-Hämatoxylin, *Chevassu* in Arch. d. Phys. 1881) sich färben lassen, in welchem Falle unter Umständen die gefärbten Ausläufer in geschrumpften Zellenkörpern innerhalb der Knochenhöhlen in ihren Anfängen sichtbar sind. (l. c. Fig. 2). Die Kerne der Knochenzellen sieht man übrigens nicht nur an frischen Knochen, sondern auch im Knochenknorpel und selbst an mit Salzsäure isolirten Knochenzellen (Fig. 216) und habe ich für mich vorläufig keinen Grund mit *Brösike* anzunehmen, dass die Knochenzellen bei älteren und jüngeren Leuten wesentlich verschieden beschaffen seien.

Die Knochenkapseln sind entweder den Knorpelkapseln gleichzusetzen oder als ein besonderer dichterer Theil der Grundsubstanz anzusehen. In beiden Fällen käme

Fig. 216. Durch Salzsäure isolirte Knochenzellen (Knochenkapseln) und Zahnfasern ähnliche Bildungen aus den Schuppen von *Lepidosteus*. 350 Mal vergr.

ihre Bildung auf Rechnung der Knochen-*Protoblasten*, da auch die Grundsubstanz als Intercellularsubstanz zu denselben gehört, doch würden sie bei der ersteren Auffassung in eine nähere Beziehung zu den *Protoblasten* zu setzen und eigentlichen Zellenmembranen gleich zu achten sein. Ich gebe vorläufig der ersteren Möglichkeit den Vorzug,

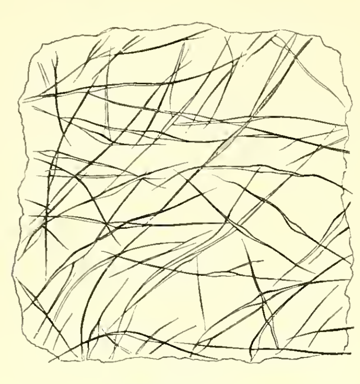


Fig. 217.

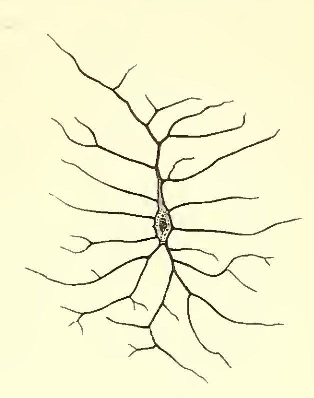


Fig. 220.

besonders weil in rachitischen Knochen im Innern von Knorpelkapseln sternförmige Knochenkapseln sich erzeugen. Auch die mit einer dicken kapselartigen Hülle einzeln darstellbaren Knochenkapseln des Pferdecementes scheinen in diesem Sinne zu sprechen.

Tomes und *de Morgan* schildern unter dem Namen „ossifizirte Knochenzellen“ Knochenhöhlen, welche von ossifizirten Kapseln umgeben sind, ähnlich denen aus dem Cemente des Pferdezahnes; dieselben sollen besonders in den Knochen alter Leute vorkommen und nach dem Erweichen derselben in den Markräumen in Menge als ein weisses Pulver gefunden werden, aber auch bei jüngeren Leuten nicht ganz fehlen (l. c. Tab. VII, Fig. 5). An mit Salzsäure ausgezogenen Röhrenknochen junger Thiere sieht *Harting* an feinen Querschnitten besondere Faserzellen (Knochenzellen, *ich*), mit 2—4 Ausläufern, welche die äussersten Lamellen benachbarter *Havers*ischer Systeme verbinden und an Schliffen lange luftführende Höhlen bilden (Het. Mikroskoop. IV. S. 289, Tab. III, Figur 44).

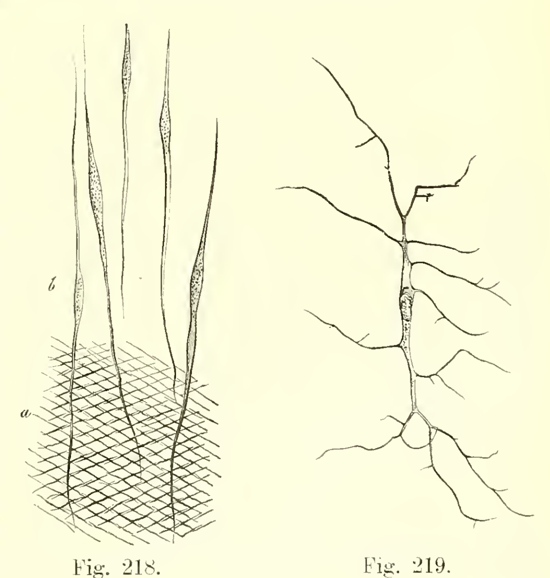


Fig. 218. Fig. 219.

Fig. 217. Knochenzellen der Scleral-Knochen von *Thynnus.*

Fig. 218. *b* Knochenzellen aus einer Schuppe der Seitenlinie von *Macrostoma*, *a* Fasergewebe der Schuppe.

Fig. 219. Knochenzelle des Härings.

Fig. 220. Knochenzelle von *Chaetoessus punctatus.*

Das Knochengewebe tritt bei den Wirbelthieren in sehr verschiedenen Formen auf. Ich unterscheide:

1. Echte Knochen mit Knochenzellen bei den Säugern, Vögeln, Amphibien und gewissen Fischabtheilungen. Die bei dieser Form vorkommenden Unterschiede beziehen sich vor Allem auf die Form der Knochenzellen, die in den einen Fällen einfache Spindeln darstellen, wie bei *Thynnus* (Fig. 217) und den Schuppen von *Macrostoma* (Fig. 218), andere Male reich und lang verästelt sind, wie bei den *Clupeiden* (Fig. 219, 220).

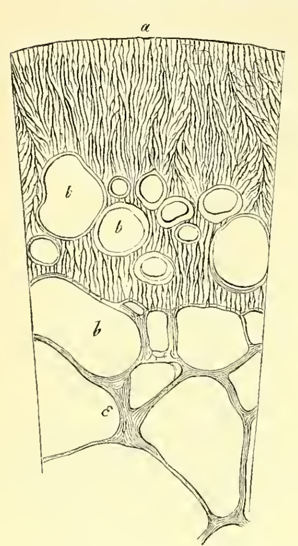


Fig. 221.

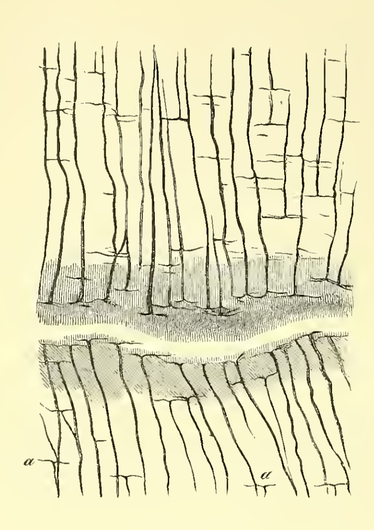


Fig. 223.

2. Ein Knochengewebe, das aus Zahnbein besteht, findet sich bei einer Reihe von Stachelflossern (Fig. 222, 223).
3. Ein Knochengewebe, das Zahnkanälchen und Knochen-Zellen enthält, *Osteodentine*. Ist charakteristisch für die Knochen und Schuppen der meisten Ganoiden (Fig. 216).
4. Ein Knochengewebe, das weder Knochenzellen noch Zahnröhrchen führt, die von mir sogenannte osteoide Substanz. Bei den meisten Stachelflossern.
5. Endlich findet sich noch eine zwischen osteoider Substanz und Dentine in der Mitte stehender Form, d. h. eine osteoide Substanz, die stellenweise Zahnröhrchen führt. Findet sich ebenfalls bei vielen Stachelflossern (Fig. 221).

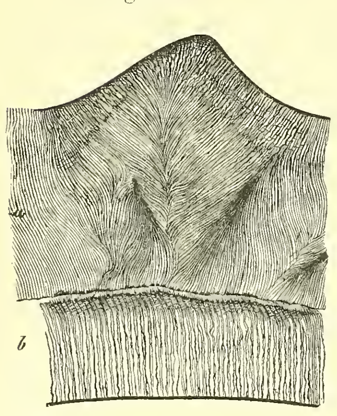


Fig. 222.

§ 83.

Die Grundsubstanz der Knochen kommt beim Menschen in zwei Varietäten vor, von denen die eine sehr deutliche Lamellen zeigt, während die andere z. Th. gar keine, z. Th. nur sehr undeutliche Blätter und einen grobfaserigen Bau besitzt, Formen, die wir als lamellöse und als grobfaserige Knochensubstanz unterscheiden wollen.

Fig. 221. Ein Theil eines Schliffes eines Knochens von *Chaetodon arthriticus*, *a* aus Dentine bestehender Knochen, *b* Markräume. *e* Knochenbalken aus osteoider Substanz.

Fig. 222. Dentinknochen von *Fistularia tabaccaria* bei ger. Vergr.

Fig. 223. Ein Theil eines solchen Schliffes bei starker Vergr. mit den Verästelungen an den Enden der Zahnröhrchen.

Die lamellöse Knochensubstanz erscheint ebenfalls in zwei Unterformen, einmal als einfach lamellöse Knochensubstanz, die nur aus Lamellen besteht und zweitens als lamellöser Faserknochen, der ausser den Lamellen auch noch besondere bindegewebige Fasern, die *Sharpey*'schen Fasern enthält. Die Knochenlamellen (Fig. 224), die in beiden Unter-

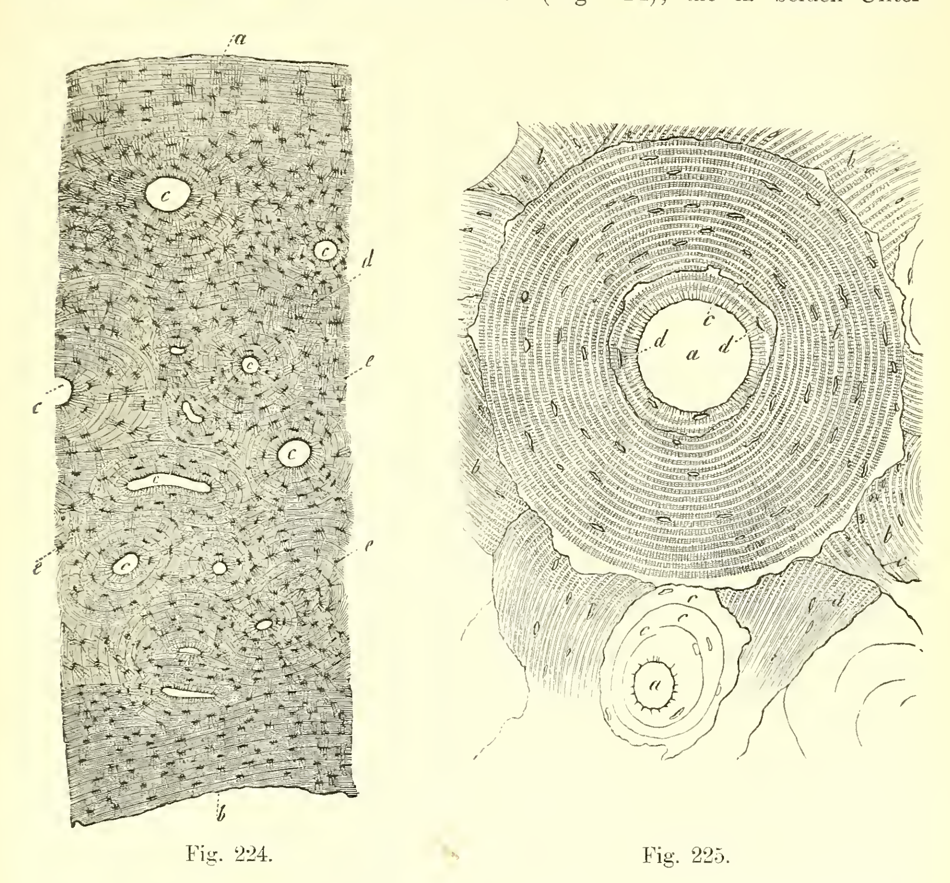


Fig. 224.

Fig. 225.

formen in ganz gleicher Weise vorhanden sind, kommen schon an Schliffen, noch deutlicher an der Kalkerde beraubten, an verwitterten und verbrannten (calcinirten) Knochen zum Vorschein, so dass dieselben sich abblättern und am

Fig. 224. Segment eines Querschliffes von einem menschlichen *Metacarpus* mit konzentrirtem Terpentinöl behandelt, 90 Mal vergr. *a* Aeussere Oberfläche des Knochens mit den äusseren Grundlamellen. *b* Innere Oberfläche gegen die Markhöhle mit den inneren Lamellen. *c* *Havers*ische Kanälchen im Querschnitte mit ihren Lamellensystemen. *d* Interstitielle Lamellen. *e* Knochenhöhlen und ihre Ausläufer.

Fig. 225. Ein Stückchen eines Querschliffes der Diaphyse des *Humerus*. 350 Mal vergr.; mit Terpentinöl. *a* *Havers*ische Kanäle. *b* Lamellensysteme derselben, jede Lamelle mit einem helleren und dunkleren Theile und radiären Streifen in letzterem. *c* Dunklere Linien, die wahrscheinlich grössere Unterbrechungen in der Ablagerung der Knochensubstanz bezeichnen. *d* Knochenhöhlen ohne sichtbare Strahlen. Nach einem Präparate von *H. Müller*.

Knochenknorpel auch mit der Pincette sich darstellen lassen. Dieselben bilden an den Mittelstücken von Röhrenknochen zwei Systeme, ein allgemeines, welches der äusseren und inneren Oberfläche der Knochen gleich verläuft, und viele besondere, die die einzelnen *Havers*ischen Kanälchen umziehen, welche Systeme zwar an einigen Orten in unmittelbarem Zusammenhange stehen, aber doch an den meisten Stellen nur nebeneinander liegen und daher füglich als zweierlei betrachtet werden können, welche Auffassungsweise auch durch die Entwickelungsgeschichte theilweise unterstützt wird.

Die Lamellen der *Havers*ischen Kanälchen (Fig. 224 *c*, 225 *b*) gehen zu mehreren oder vielen ringförmig, jedoch nicht immer ganz um dieselben herum, bilden gleichsam deren Wandungen und hängen durchweg mit einander zusammen, in ähnlicher Weise, wie etwa die Schichten der Wände stärkerer Gefässe ineinander sich fortsetzen. Die Zahl der zu einem Kanälchen gehörenden Lamellen und die Gesammtdicke ihrer Lamellensysteme wechseln nicht unbedeutend. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die weitesten Kanäle dünne Wände, die von mittlerer Stärke dicke und die dünnsten wieder wenig mächtige Hüllen besitzen. Die dünnsten Wandungen, die ich überhaupt sah, betrugen 18 – 45 μ, die dicksten 180 — 225 μ. Die Dicke der Lamellen schwankt zwischen 4,5 — 11 μ und beträgt im Mittel 6,7 — 9 μ; ihre Zahl ist in der Regel 8 — 15, geht aber einerseits bis zu 4 und 5, andrerseits bis zu 18 – 22.

Die Lamellen der *Havers*ischen Kanälchen kommen mit ihren Kanälchen bis an die innere und äussere Oberfläche der Diaphysen und stehen hier mit den schon erwähnten allgemeinen Lamellen, den Grundlamellen, *Laminae fundamentales* (Fig. 224), in Verbindung, die, wo sie gut entwickelt sind, was nicht in allen Knochen der Fall ist, eine äussere und eine innere Schicht bilden und sich auch ausserdem mehr weniger zwischen die einzelnen *Havers*ischen Lamellensysteme hineinziehen. Die ersteren beiden Lagen oder die äusseren und inneren Grundlamellen laufen der äusseren und inneren Oberfläche des Knochens gleich und wechseln, ohne dass sich eine bestimmte Regel erkennen lässt, in der Dicke von 45 — 670 μ, selbst 900 μ. Die letzteren oder die interstitiellen Grundlamellen sieht man am deutlichsten, wo die oberflächlichen Grundlamellen entwickelt sind, mit diesen in theilweiser Verbindung und ihnen gleichlaufend von aussen und innen eine Strecke weit in die Dicke der Diaphyse eindringen und mit Massen von 45 bis 250 μ zwischen die anderen Lamellen sich einschieben (Fig. 224 *d*). Im Inneren der *Subst. compacta* dagegen stehen beim Menschen die Systeme der *Havers*ischen Kanäle häufig so dicht, dass von besonderen Lamellengruppen zwischen ihnen keine Rede ist, und ergiebt sich, was als scheinbar der Oberfläche gleichlaufende Lamellen auf Querschnitten hier sich zeigt, nicht selten als wagerecht verlaufenden Kanälchen angehörig, andere Male erscheinen jedoch auch hier deutlichere Zwischenmassen, wie die Fig. 226 dieselben sehr schön zeigt. Mit diesen echten interstitiellen Lamellen, wolle man die *Havers*ischen interstitiellen Lamellen nicht verwechseln, mit welchem Namen ich alle Fragmente von mehr weniger durch Resorption zerstörter *Havers*ischer Lamellensysteme bezeichne, wie sie die Fig. 225 in Menge zeigt. Beiderlei interstitielle Lamellen lassen sich an geglühten Knochenschliffen sehr leicht unterscheiden, indem die echten solchen Lamellen stets in Menge

Sharpey'sche Fasern enthalten (Fig. 226), die anderen dagegen niemals solche zeigen. Die Dicke der Grundlamellen ist wie bei denen der *Havers*ischen Kanäle und ihre Zahl wechselt von 10—100.

Bisher war nur von den Diaphysen der langen Knochen die Rede. In den Apophysen der langen Knochen zeigt die dünne Rinde natürlich nur wenig Systeme *Havers*ischer Kanälchen, diese jedoch beschaffen wie anderwärts. Die äusseren Grundlamellen sind spärlich, innen fehlen dieselben ganz wegen der hier befindlichen spongiösen Substanz. In dieser zeigen die sehr spärlichen *Havers*ischen Kanälchen ihre Lamellensysteme wie gewöhnlich nur dünn und der Rest besteht aus einem, je nach der Beschaffenheit des knöchernen Netzwerkes, lamellösen oder faserigen Gewebe, welches im Allgemeinen wie die Kontouren der Markräume und Markzellen verläuft. Ebenso verhalten sich auch die platten und kurzen Knochen im Innern, während die Rinde derselben nur darin von derjenigen der langen Knochen abweicht, dass die Grundlamellen in den platten Knochen Blätter bilden, welche den beiden Flächen dieser Knochen gleich verlaufen. Die Dicke der Grundlamellen beträgt an Schädelknochen (Scheitelbein) bald innen und aussen gleichviel, nämlich 180—360 μ, bald fehlen dieselben an gefässreichen Orten stellenweise ganz und gehen die *Havers*ischen Lamellen fast bis zur Oberfläche.

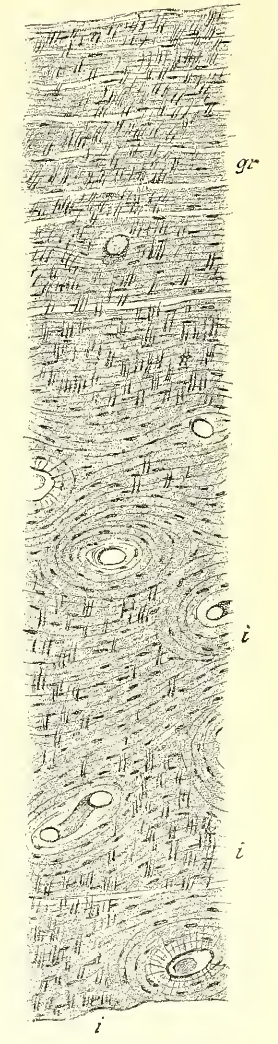


Fig. 226.

Anlangend den feineren Bau der Knochenlamellen, so zeigt ein trockner geglätteter, gehörig feiner Knochenschliff, am besten ein Querschliff, abgesehen von den Knochenhöhlen und Knochenkanälchen, in den meist nicht besonders deutlichen Lamellen in der Regel eine äusserst feine, jedoch sehr deutliche Punktirung, die nicht von querdurchschnittenen Kanälchen herrührt, so dass das ganze Knochengewebe granulirt und wie aus einzelnen sehr dicht stehenden, 0,4 μ grossen und blassen Körnchen zusammengesetzt erscheint (s. *Kölliker* 1886, Fig. 3). Setzt man zu einem Knochenschliffe Wasser oder eine leichte Zucker oder Eiweisslösung, so wird derselbe in einen Zustand versetzt, den er wahrscheinlich auch im Leben darbietet. Die Lamellen treten auf Quer- und senkrechten Schnitten meist klar hervor und ihr körniges Ansehen ist ganz deutlich, jedoch nicht so rein ausgesprochen wie früher. Einmal nämlich zeigt sich

Fig. 226. Segment eines Querschliffes eines geglühten *Femur* des Erwachsenen von der Mitte der Diaphyse. *gr* Aeussere Grundlamellen mit besonderen hellen Zonen, die Ansatzlinien bezeichnen, und *Volkmann*'schen Kanälen, *i* interstielle Grundlamellen. Ausserdem sind einige *Havers*ische Systeme sichtbar. Die Strichelchen in den Grundlamellen sind *Sharpey*'sche Fasern. Ger. Vergr.

neben den Körnchen noch eine dichte blasse Streifung, welche von den mit Flüssigkeit erfüllten Ausläufern der Knochenhöhlen herrührend, in verschiedenen Richtungen durch das Gewebe zieht und dessen Zeichnung verwickelter macht, und dann erscheinen in jeder Lamelle wie zwei Schichten, eine blasse, mehr gleichartige und eine dunklere, körnige, welche letztere auch vorzugsweise streifig ist. Ist dieses Verhältniss klar ausgesprochen, so entstehen äusserst zierliche Bilder, welche an die Durchschnitte gewisser Harnsteine erinnern (Fig. 225). Kennt man dieses Verhältniss einmal von befeuchteten Schliffen her, so gelingt es dann auch hie und da Andeutungen davon in trocknen Präparaten zu finden. Behandelt man einen Knochen mit Salzsäure, so zeigt derselbe auf Quer- und senkrechten Schnitten minder deutliche Körnchen und Streifen (von den Knochenkanälchen herrührend), wohl aber den lamellösen Bau recht deutlich, und meist auch an jeder Lamelle zwei Schichten, jedoch lange nicht so ausgeprägt, wie in Fig. 225. Auf Flächenschnitten erscheint der Knochen an vielen Stellen fast ganz gleichartig ohne Spur von Körnchen, an andern treten ein undeutliches körniges Wesen, kleine Pünktchen (*Deutsch*) und daneben noch eine Längsstreifung auf, welche letztere dem Ganzen ein faseriges Ansehen giebt.

Die Deutung dieses Aussehens anlangend, so hat schon vor Jahren *Sharpey* das Richtige getroffen, als er die Zusammensetzung der Knochen aus sich kreuzenden Fäserchen beschrieb, doch gebührt *v. Ebner* das Verdienst, diese Angelegenheit nahezu endgültig erledigt zu haben. Meine eigenen neuen Erfahrungen stimmen in allen wesentlichen Punkten mit denen dieses Forschers überein, wie das Folgende ergeben wird. Wie *v. Ebner* unterscheide ich in der Substanz der Knochenlamellen, feinste Fäserchen oder Fibrillen, und Bündelchen von solchen. Die letzteren bilden, indem sie in einfacher Schicht neben einander sich legen, dünne Platten oder Blätter, welche von den ungemein zahlreichen Knochenkanälchen durchbohrt werden und so wie porös aussehen. So gewinnt es den Anschein, als ob die Fibrillenbündel unter einander anastomosirten oder ein Flechtwerk bildeten, während der wahre Sachverhalt wahrscheinlich der ist, dass dieselben einfach neben einander verlaufen und zum Durchtritte der Knochenkanälchen stellenweise auseinander weichen. Der Grund, warum ich diese Auffassung für die richtige halte, ist der, dass die frei vorstehenden Enden der Bündel, die man häufig in ziemlicher Länge zu Gesicht bekommt (Fig. 227), niemals sich theilen oder Seitenäste abgeben, wie denn auch *v. Ebner* in seinen

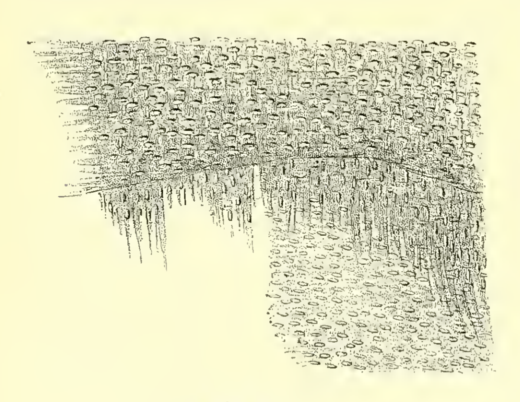


Fig. 227.

Fig. 227. Einige Lamellen von den äusseren Hauptlamellen eines entkalkten *Humerus* des Menschen. St. Vergr. Die Knochenfasern oder Bündel von Fibrillen kreuzen sich unter rechten Winkeln. Die Punkte sind Querschnitte von Knochenkanälchen.

Figg. 5, 6, 9, 10 nichts Derartiges zeichnet. Dieselbe Ansicht, wie *ich*, vertritt auch *Brösike* (Archiv für mikr. Anat. 1882 S. 760).

Die Bündel der Knochenfibrillen, deren Breite im Mittel 3,0—3,5 μ beträgt, sind an Präparaten von Knochenknorpel und zwar am besten an abgerissenen Blättchen desselben oder an zerzupften Lamellen mit Leichtigkeit in einer gewissen Länge frei zu erhalten (Fig. 1) und kann auch ich, wie *v. Ebner*, für solche Untersuchungen den Zusatz von Kochsalzlösungen von 5—10⁰/₀ empfehlen. *In situ* sieht man die Bündel an feinen Flächenschnitten von Knochenknorpel überall, ferner sehr schön an isolirten *Havers*ischen Lamellensystemen, den sogenannten „*Claviculi* von *Gagliardi*,“ wie man sie von lange Zeit in dünnem Spiritus oder dünner Chromsäure macerirten entkalkten Stücken der *Substantia compacta* von grossen Röhrenknochen gewinnt (m. Mikr. Anat. II, 1, S. 387), ein Objekt, das den neueren Beobachtern wenig bekannt zu sein scheint (s. Kölliker 1886, Fig. 2). Ungemein deutlich treten diese Bündel endlich auch hervor an dünnen Theilen der Wandungen angeschnittener *Havers*scher Kanäle, wie sie an feinen Längsschnitten von Knochenknorpel so häufig einem zu Gesicht kommen. Was den Verlauf dieser Bündel oder der Knochenfasern anlangt, so finden sich bei *v. Ebner* eine Reihe von Angaben über denselben, die sich theils auf das verschiedene Aussehen der Knochenlamellen, die punktirte und streifige Beschaffenheit derselben, theils auf die Polarisationserscheinungen, endlich auf das Verhalten abgerissener Blätter von Knochenknorpel (Fig. 5—10) stützen. Als Endresultat giebt dieser Forscher an (S. 23), dass ausser dem extremen Falle von abwechselnden Schichten längs- und querdurchschnittener Fibrillen alle möglichen Fälle sich finden von abwechselnden Bändern (es sind die Lamellen gemeint) mehr oder weniger schief durchschnittener Fibrillen bis zum anderen Extreme, wo auf grössere Strecken alle Fibrillen nahezu dieselbe Richtung einschlagen. Diese Angaben sind vollkommen richtig und lässt sich der Verlauf der Knochenfibrillen und ihrer Bündel, der Knochenfasern, noch genauer feststellen durch Verfolgung derselben in *situ*, wie dies an isolirten *Havers*ischen Lamellensystemen und an isolirten Hauptlamellen macerirter Knochenknorpelstücke möglich ist. An den ersteren, die sowohl in Kochsalz, als auch nach Zusatz von Essigsäure hübsche Bilder geben, findet man einen grossen Wechsel des Faserverlaufes nicht nur an verschiedenen Systemen, sondern auch an einem und demselben Systeme. Als häufigstes Vorkommniss glaube ich das bezeichnen zu dürfen, bei dem die Fasern der verschiedenen Blätter mit der Achse des *Havers*ischen Kanales einen Winkel von beiläufig 45⁰ bilden und unter einander in rechtem Winkel sich kreuzen. Sehr selten scheint dagegen der Fall zu sein, dass die einen Fasern longitudinal, die anderen transversal verlaufen, dagegen finde ich sehr häufig die einen Fasern quer, oder nahezu quer und die anderen sehr steil ansteigend unter Winkeln von 20 bis 30⁰ zur Achse der Kanäle. Auch dem queren sich nähernde schiefe Fasern kommen vor, die unter Winkeln von 10—20⁰ sich kreuzen. Nimmt man nun noch hinzu, dass an der Oberfläche und in der Tiefe eines Lamellensystemes der Faserverlauf oft verschieden ist, und dass derselbe auch an verschiedenen Stellen wechselt, so ergiebt sich eine grosse Mannigfaltigkeit des Verhaltens und begreift man, dass das Verhältniss der punktirten Lamellen

mit Querschnitten von Fasern zu den streifigen Lamellen mit Längsansichten solcher im Längs- und Querschnitte ein so verschiedenes ist.

Ein ganz eigenthümliches Verhalten zeigen die Lamellen, die dicht um die Gefässkanäle herum liegen, indem hier der Verlauf der Knochenfasern ein so unregelmässiger ist, dass er jeder Beschreibung spottet. Ich bemerke daher nur so viel, dass hier die Knochenfasern in kleinen Bezirken die sonderbarsten stern-, wirtel-, fächer- und federartigen Figuren bilden.

In den Hauptlamellen verlaufen die Knochenfasern, wie in den *Havers*ischen Lamellen, nur finden sich hier in einer und derselben grossen Lamelle die mannigfachsten Wechsel.

Die Knochenfibrillen sehe ich im Querschnitte an Schliffen und an Schnitten von Knochenknorpel bei den verschiedensten Behandlungsweisen, Zusätze von Säuren und kaustischen Alkalien natürlich ausgenommen, und finde dieselben feiner und dichter stehend als beim weichen Bindegewebe, z. B. an Sehnen, zahlreicher als *v. Ebner* dieselben zeichnet, ohne bestimmt nachweisbare Zwischensubstanz. Eine Kittsubstanz mag in minimaler Menge zwischen den Fibrillen, ihren Bündeln und den Lamellen da sein, so lange jedoch dieselbe weder durch das Mikroskop, noch durch chemische Behandlung sicher nachgewiesen ist, wird man gut thun, dieselbe nicht besonders zu betonen. Ich möchte daher auch das, was *v. Ebner* „Kittlinien" der Lamellensysteme nennt, lieber als Grenzlinien bezeichnen, da von diesen Linien, die nicht selten auch innerhalb der Lamellensysteme zu einer oder mehreren vorkommen (*Kölliker*, Mikr. Anat. II, 1, Fig. 84, hier Fig. 225; *v. Ebner*, l. c. S. 49; *Brösike*, l. c. S. 76*i*), in keinem Falle nachgewiesen ist, dass sie aus einer besonderen Substanz bestehen. Im Uebrigen hat *v. Ebner* die Lamellen vortrefflich beschrieben und möchte ich nur folgende Punkte besonders hervorheben.

Wie *v. Ebner* finde ich Stellen, die gar keine Lamellen darbieten, an denen an Querschnitten nur Fibrillenquerschnitte erscheinen. In solchen Gegenden verlaufen entweder die Fibrillen alle longitudinal oder kreuzen sich schief unter gleichen Winkeln. Dann folgen Stellen, die schwache zarte Andeutungen von Blättern zeigen, die sehr dünn sind, und diese deute auch ich als Gegenden, in denen Faserlagen auf einander folgen, deren Fasern in einfacher Schicht Blätter bilden und in wenig abweichender Richtung verlaufen. Endlich giebt es noch deutliche dünnere und dickere Lamellen, die einen entschieden punktirt, die anderen streifig. Hier ist der Faserverlauf in dünnen oder dickeren Lamellen (einfachen oder zusammengesetzten Lamellen *v. Ebner's*) abwechselnd ein wesentlich verschiedener. Im Allgemeinen bestehen die Hauptlamellen aus dünneren Lamellen, die jedoch fast ohne Ausnahme gut ausgeprägt sind, während die *Havers*ischen Lamellen eine wahre Musterkarte aller möglichen Formen darstellen.

Noch bemerke ich in Betreff eines Bildes (Fig. 101) und einer Beschreibung von *Ranvier* (Traité technique, S. 314), dass, was dieser Autor als gestreifte Lamellen beschreibt, unsere punktirten Lamellen sind. Die dunklen Balken (*ponts*), die *Ranvier*'s homogene (unsere gestreiften) Lamellen unter einander verbinden sollen, sind nichts als die Theilchen der Knochensubstanz, die zwischen den Knochenkanälchen liegen und die bei gewissen Behandlungsweisen im Quer- und Längsschnitte wie besondere Fasern erscheinen.

Nach *Tomes* und *de Morgan* sind manchmal mehrere *Havers*ische Lamellensysteme von gemeinschaftlichen Lamellen rings umgeben und bilden ein zusammengesetztes System (l. c. Tab. VI, Fig. 5).

§ 84.

Sharpey'sche oder durchbohrende Fasern. Im Jahre 1856 beschrieb *Sharpey* (*Quain's* Anat. 6. Ed. S. 120) aus den Knochen des Menschen und der Säuger unter dem Namen der *perforating fibres* eigenthümliche, die Knochenlamellen senkrecht durchsetzende Fasergebilde, welche an mit Salzsäure behandelten Knochen durch Zerzupfen der Lamellen auf längere Strecken darzustellen sind und dann als Fasern oder besser Faserbündel von verschiedener Länge erscheinen. Diese Bildungen, die ich die *Sharpey*'schen Fasern nannte, wurden von *H. Müller*, *mir*, *Gegenbaur*, *Lieberkühn*, *v. Ebner* u. A. weiter verfolgt und endlich von *mir* einer umfassenden Untersuchung unterzogen und stellte sich als Ergebniss aller dieser Forschungen folgendes heraus:

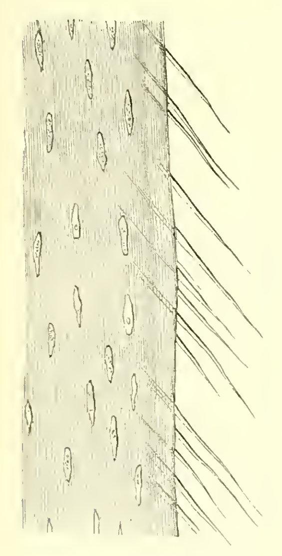


Fig. 228.

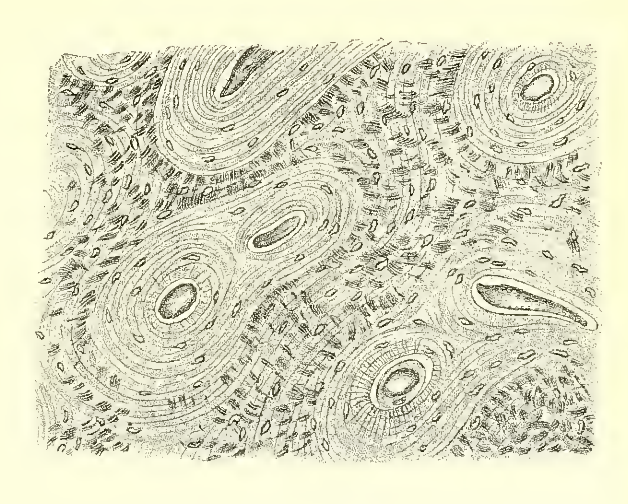


Fig. 229.

Die *Sharpey*'schen Fasern sind Bindegewebsbündel, welche die Knochenlamellen durchsetzen und kommen wesentlich in zwei Formen vor und zwar einmal als ganz und gar weiche, unverkalkte Fasern, und zweitens

Fig. 228. Einige Knochenlamellen vom Oberschenkel des Hasen mit *Sharpey*'schen Fasern, die aus den folgenden Lamellen herausgezogen sind. Man erkennt deren Fortsetzungen in die Lamellen. Der Inhalt der Knochenhöhlen ist nicht dargestellt. Salzsäurepräparat. 350 Mal vergr.

Fig. 229. Theil eines Querschliffes aus der Mitte der Diaphyse des *Femur* eines Erwachsenen, geglüht und in Lack eingelegt. Alle Striche bedeuten lufthaltige *Sharpey*'sche Fasern in den interstitiellen Lamellen. Mittl. Vergr.

als theilweise weiche, einem anderen Theile nach verkalkte solche Gebilde. Zu den unverkalkten Fasern gehört die grosse Mehrzahl der feineren Fasern, deren Durchmesser von demjenigen einer Bindegewebsfibrille bis zu dem von 1 — 2 μ geht. Solche Fäserchen sind stellenweise ungemein häufig, jedoch die feinsten derselben nicht immer leicht von Knochenkanälchen zu unterscheiden. Am Knochenknorpel erkennt man dieselben vorzüglich, wenn sie in Längsansichten sich darstellen, in welchem Falle sie oft an elastische Fasern erinnern, im Querschnitte dagegen sind nur die breitesten derselben wahrnehmbar, die anderen kaum. Alle diese Gebilde nun stellen sich an Schliffen wie einfache lufthaltige Röhrchen dar (Fig. 226) und sind somit unverkalkt. Die zweite Art der *Sharpey*'schen Elemente ist theilweise verkalkt und gehören zu diesen alle stärkeren Elemente der Art, die bis zu 20 und 30 μ messen. Dieselben erscheinen an Schliffen als Bündel lufthaltiger Röhrchen, die von einer verkalkten Substanz umgeben und durch eine solche von einander getrennt sind. Querschnitte solcher Fasern (Fig. 230) sind oft von einer schmalen hellen Zone begrenzt und zeigen im Inneren, wenn die Fasern dick sind, einen lufthaltigen Punkt am anderen, durch dünne helle Züge von einander geschieden, während bei dünneren Elementen die lufthaltigen Röhrchen nur zu wenigen, 2, 3 bis 5, im Querschnitte sich zeigen. Da solche dicke *Sharpey*'sche Fasern am Knochenknorpel im Querschnitte und isolirt wie Bündel von Bindegewebsfibrillen erscheinen, so scheint mir die Deutung der Bilder an Knochenschliffen die zu sein, dass an den stärkeren *Sharpey*'schen Fasern die Fibrillen unverkalkt, die Zwischensubstanz oder Kittsubstanz dagegen verkalkt ist. Im Uebrigen ist hier noch eine andere Möglichkeit gegeben, nämlich die, dass die *Sharpey*'schen Fasern aus verkalkten und unverkalkten Fibrillen bestehen, für welche Vermuthung besonders der Umstand spricht, dass die verkalkten Theile derselben oft so ansehnlich sind, dass es unmöglich erscheint, dieselben auf die jedenfalls in geringster Menge vorhandene Kittsubstanz der Fibrillen zu beziehen. In demselben Sinne spricht auch noch Folgendes.

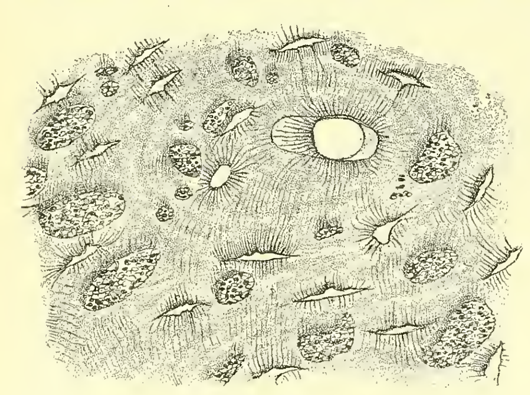


Fig. 230.

An den eben beschriebenen dickeren *Sharpey*'schen Fasern erscheinen die lufthaltigen Röhrchen nicht immer als Kanälchen, sondern auch nicht selten als Reihen lufthaltiger, kleinster Vacuolen oder rosenkranzförmig aufgereihter, mit Luft erfüllter kleiner Hohlräume. Solche Bilder scheinen zu beweisen, dass

Fig. 230. Aus den oberflächlichen Grundlamellen eines in Lack aufgehobenen Querschliffes der 30 cm langen Diaphyse eines noch nicht ausgewachsenen menschlichen *Humerus*. Die Gefässkanäle sind perforirende. St. Vergr. Viele lufthaltige Röhrchen der *Sharpey*'schen Fasern sind durch Eindringen von Lack hell geworden, aber doch noch als Lücken zu erkennen.

in manchen Fällen auch die unverkalkten Fibrillen der *Sharpey*'schen Fasern einzelne verkalkte Stellen besitzen.

Ich bespreche nun noch die Frage, ob *Sharpey*'sche Fasern auch ganz verkalkt vorkommen. An Schliffen hat noch Niemand *Sharpey*'sche Fasern nachgewiesen, die keine Luft enthielten, mithin ganz verkalkt waren, und so bleibt zur Entscheidung dieser Angelegenheit nur der Weg offen, einen und denselben Schliff erst trocken und dann nach seiner Entkalkung auf die Menge *Sharpey*'scher Fasern zu untersuchen und zu sehen, ob im letzteren Falle ein Ueberschuss solcher vorhanden ist. Auf eine solche Untersuchung gestützt, bemerkt schon *H. Müller* (l. c. S. 303), dass an denselben Stücken nach der Entkalkung die Zahl der Fasern grösser zu sein schien als vorher. Mir ist es bis jetzt noch nicht gelungen, eine entscheidende Beobachtung der Art zu machen, immerhin möchte ich bemerken, dass es mir an den Schädeldachknochen des Erwachsenen nur selten vorgekommen ist, an Schliffen zahlreichere und stärkere *Sharpey*'sche Fasern zu sehen, während entkalkte Präparate beim Zerzupfen solche stets deutlich und in Menge zeigen, so dass hier vielleicht am ehesten an eine grössere Zahl verkalkter solcher Elemente zu denken wäre. Im Allgemeinen liegt ja auch die Möglichkeit sehr nahe, dass gewisse *Sharpey*'sche Fasern verkalken, da ja eine Verkalkung an manchen bindegewebigen Elementen der Knochen, wie an den Einpflanzungsstellen von Sehnen, an den Sehnen der Vögel und dem Faserknochen der Fische sich findet.

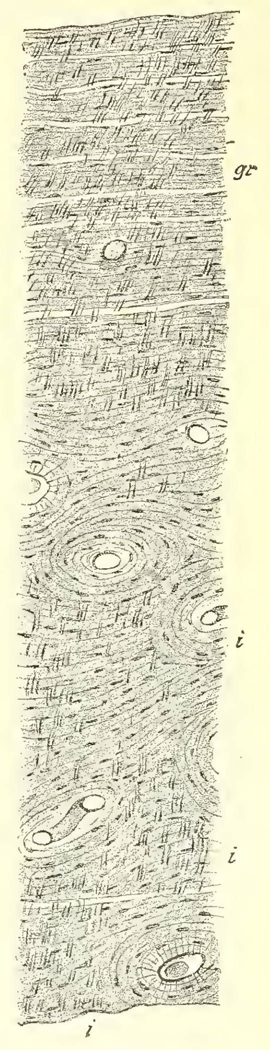


Fig. 231.

Zur Schilderung der Verbreitung der *Sharpey*'schen Fasern übergehend kann man sagen, dass in den Knochen Erwachsener alle äusseren Grundlamellen und alle interstitiellen Lamellen, die genetisch mit den ersteren zusammenhängen, d. h. aus Periostablagerrungen entstanden sind, *Sharpey*'sche Fasern enthalten; doch ist die Menge dieser Elemente und die Stärke derselben vielen Wechseln ausgesetzt. Als Belege mögen folgende Zeichnungen dienen. Fig. 231 stellt die äussere Hälfte eines Abschnittes eines geglühten Querschliffes des Femur des Erwachsenen dar, der in den äusseren Grundlamellen eine bedeutende Anzahl *Sharpey*'scher Fasern enthält und solche auch in den interstitiellen Lamellen zeigt. Die Mehrzahl dieser Elemente gehört zu den feinen und verläuft longitudinal oder

Fig. 231. Theil eines Querschliffes eines geglühten *Femur* des Erwachsenen von der Mitte der Diaphyse. *gr* Aeussere Grundlamellen mit besonderen hellen Zonen, die die Ansatzlinien bezeichnen, und *Volkmann*'schen Kanälen, *i* interstitielle Lamellen. Beide mit vielen *Sharpey*'schen Fasern. Ger. Vergr.

schief, keine auf grössere Längen transversal. Ganz anders beschaffen sind diese Elemente in einem Querschliffe eines Humerus von 30 cm Diaphysenlänge (Fig. 230), indem dieselben durch kolossale Dicke sich auszeichnen und auch zum Theil auf grössere Strecken mehr quer verlaufen. Von mittlerer Stärke endlich, aber in grösserer Anzahl zeigt Fig. 229 die *Sharpey*'schen Fasern aus den interstitiellen Lamellen des Femur eines Erwachsenen. Mit diesen Beispielen sind jedoch lange nicht alle Möglichkeiten erschöpft und betone ich besonders noch folgende Verhältnisse:

1. In dicken äusseren Grundlamellen verlaufen die fraglichen Elemente oft in grosser Länge transversal, die Lamellen quer durchbohrend und giebt schon *H. Müller* die Länge solcher Fasern auf 3 mm an, was ich nur bestätigen kann. An solchen Fasern ist dann auch wahrzunehmen, dass sie hier und da sich verästeln und wie Bäumchen bilden, deren Zweige gegen die Oberfläche des Knochens gerichtet sind. Andere solche Fasern verbinden sich netzförmig und umgeben dann häufig longitudinal verlaufende solche Elemente.

2. Kommen häufig in den interstitiellen Lamellen, aber auch in den äusseren Grundlamellen ganze Nester longitudinal verlaufender dickerer *Sharpey*'scher Fasern vor, deren Menge so gross ist, dass die übrige Knochensubsubstanz auf ein Minimum reduzirt erscheint und so zu sagen keine Lamellen, sondern nur vereinzelte Knochenzellen zeigt. Sind in solchen Fällen die *Sharpey*'schen Fasern besonders dick, was die Regel ist, so entsteht mitten in der *Compacta* eines Röhrenknochens ein Gewebe, das täuschend einer verknöcherten Sehne gleicht (Fig. 232). Die schönsten Bilder der Art gewinnt man übrigens von der Oberfläche der Diaphyse der grossen Röhrenknochen, wenn hier longitudinal verlaufende *Sharpey*'sche Elemente vorkommen. Das eben Geschilderte erinnert sehr an die bekannte *Gegenbaur*'sche Abbildung (Jen. Zeitschr. III, Fig. 13), die eine kugelige Intercellularsubstanz mit Interglobularräumen darstellt und kann ich nicht umhin, zu bemerken, dass ich weder an jungen noch an älteren Knochen etwas Derartiges gesehen habe, was nicht auf *Sharpey*'sche Fasern zu beziehen gewesen wäre und

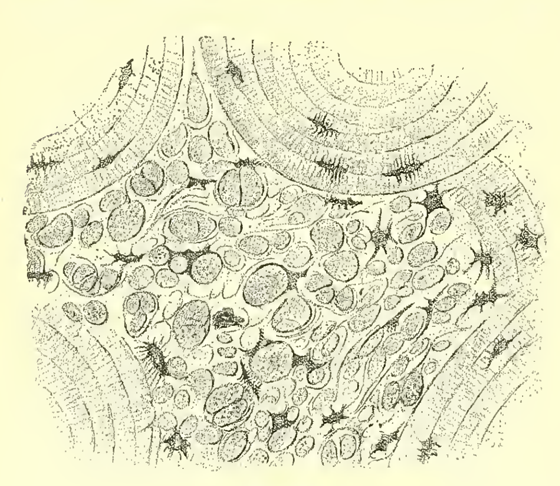


Fig. 232.

Fig. 232. *Sharpey*'sche Fasern in einem kleinen Felde interstitieller Lamellen von einem mit Essigsäure behandelten Querschnitte eines entkalkten *Humerus* des Menschen. St. Vergr. Die Fasern laufen fast alle senkrecht und begrenzen Lücken, die die Knochenzellen enthalten. Manche Fasern bilden kleine Bündel und sind von feinen faserartigen Zügen begrenzt, die horizontal verlaufende *Sharpey*'sche Fasern zu sein scheinen.

empfehle ich besonders Entkalken der Schliffe und Behandlung des Knochenknorpels mit Essigsäure zur Aufklärung. Da die *Sharpey*'schen Elemente zum Theil quer, zum Theil longitudinal verlaufen, so erhält man an Quer- und Längsschnitten unter Umständen ähnliche Bilder.

3. *Sharpey*'sche Fasern finden sich bereits in den Knochen von Embryonen und in den Knochen aller Lebensalter. Wie dieselben in früheren Lebensperioden sich verhalten, wird sofort zu beschreiben sein. In späteren Zeiten vom dritten oder vierten Jahre an zeigen dieselben die nämlichen Verhältnisse wie beim Erwachsenen, bei dem sie noch bei älteren Leuten in den 60er Jahren sich vorfinden.

Keine *Sharpey*'schen Fasern enthalten beim Menschen a) die echten, ausgebildeten *Havers*ischen Lamellensysteme, b) die inneren vom Marke aus gebildeten Hauptlamellen. *v. Ebner* giebt an, dass auch in *Havers*ischen Lamellen, wenn auch selten, *Sharpey*'sche Fasern vorkommen und verdanke ich ihm einen Schliff von unbestimmter Herkunft, der in Einem Systeme solche Fasern zeigt. Ich vermuthe, dass dieser Schliff von einem grossen Säuger stammt, bei denen nach *H. Müller's* oben citirter Abhandlung etwas der Art sich finden könnte.

Ausser den *Sharpey*'schen Bindegewebsbündeln enthält die lamellöse Knochensubstanz auch von *H. Müller* entdeckte und auch von *Gegenbaur* und *v. Ebner* gesehene elastische Fasern. Was ich über dieselben ermittelte, ist folgendes:

a) Die elastischen Fasern sind regelrechte Bestandtheile der äusseren Grundlamellen, dringen bis in die innersten Theile derselben hinein und finden sich auch in verschiedenen Tiefen in den interstitiellen Lamellen.

b) Ein bedeutender Theil dieser elastischen Fasern liegt in bindegewebigen *Sharpey*'schen Fasern (Fig. 233), bildet einen Bestandtheil derselben und verläuft mit ihnen longitudinal, schief und quer, doch enthalten bei Weitem nicht alle *Sharpey*'schen Fasern elastische Elemente.

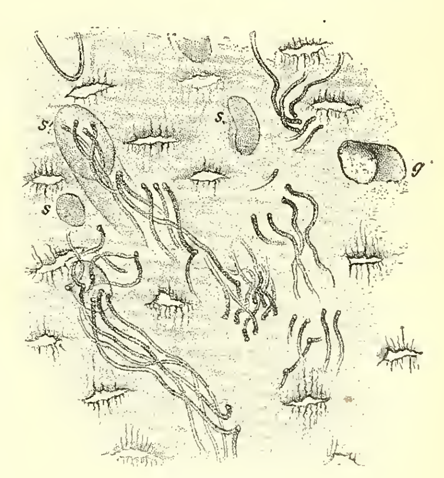


Fig. 233.

c) Andere dieser Elemente verlaufen selbständig für sich und begleiten namentlich die perforirenden *Volkmann*'schen, von keinen Lamellen begrenzten Gefässkanäle der Grundlamellen, oft in dichten Zügen dieselben umgebend. Solche elastische *Sharpey*'sche Fasern finden sich, so viel ich ermitteln konnte, auch sonst in den Grundlamellen, doch ist es in vielen Fällen sehr

Fig. 233. Elastische Fasern aus den äusseren Grundlamellen eines entkalkten *Humerus* des Menschen durch Essigsäure dargestellt. St. Vergr. s' *Sharpey*'sche Fasern, die elastische Fäserchen enthalten; *ss* dieselben Fasern ohne elastische Elemente; *g* perforirender Gefässkanal.

schwer zu bestimmen, ob dieselben für sich allein oder mit bindegewebigen Elementen zusammen verlaufen.

d) In *Havers*ischen Lamellensystemen wollte es mir bis anhin nicht gelingen, elastische Fasern zu finden. Allerdings gleicht die die *Havers*ischen Kanäle zunächst auskleidende Knochenschicht, die in Salzsäure sich isolirt, aber bei langem Kochen in Wasser sich auflöst (s. § 86), in ihrem Aussehen manchmal einem zarten elastischen Netze, doch glückte es mir bis anhin noch nicht, wirkliche elastische Fäserchen in derselben nachzuweisen.

In Betreff der grossen Verbreitung der *Sharpey*'schen Fasern bei Fischen und ihr Vorkommen auch bei Amphibien verweise ich auf meine alte Abhandlung in der Würzburger naturhist. Zeitschr. Bd. I.

§ 85.

Die grobfaserige Knochensubstanz findet sich beim Erwachsenen nur an wenigen Stellen, ist dagegen beim Fötus und Neugeborenen die einzig vorkommende. Was dieselbe besonders auszeichnet, ist 1. der Mangel gut ausgeprägter Lamellen, 2. das Vorkommen grosser unregelmässiger Knochenzellen, endlich 3. die sehr zahlreichen und zum Theil sehr starken *Sharpey*'schen Fasern. Querschliffe der Diaphysenmitte eines solchen Knochens (Femur, Tibia, Humerus) von Neugeborenen bieten folgendes eigenthümliche Bild (Figg. 234, 235). Das Innere des Knochens zeigt eine grosse Anzahl *Havers*ischer Kanälchen, welche zum Theil quer, zum Theil der Länge nach verlaufen und durch im Ganzen dünne Knochenbalken von einander getrennt sind. Zu innerst liegen da und dort grössere zum Theil angefressene Markräume ohne alle Gesetzmässigkeit und fehlt jede Spur von Knochenansatz, während unter der Beinhaut die bekannten Bilder von schmalen Knochenbalken und offenen und sich schliessenden Markräumen sich finden. Alle Knochenbalken nun bestehen aus einem mittleren Zuge grosser Knochenzellen untermengt mit groben *Sharpey*'schen Fasern, und erscheinen an Schliffen sehr dunkel, während gegen die *Havers*ischen Kanäle zu helleres Gewebe auftritt, in dem nur feinere Ausläufer der *Sharpey*'schen Elemente und kleinere mehr typisch geformte Knochenzellen sich finden, sowie schwache Andeutungen von Knochenlamellen.

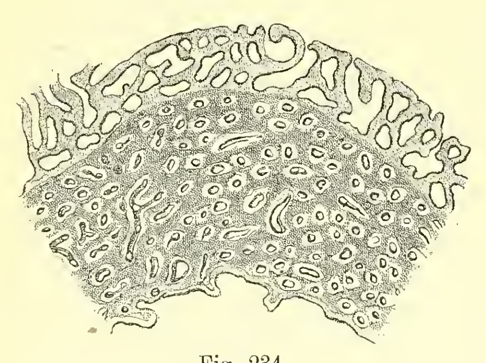


Fig. 234.

Betrachten wir die Verhältnisse im Einzelnen, so sind die Knochenzellen, welche in der Achse der Knochenbalken liegen, wie bereits *v. Ebner* dies beschreibt, durch ihre absonderlichen unregelmässigen Formen, ihre bedeutendere

Fig. 234. Segment eines Schliffes aus der Mitte der Diaphyse der *Tibia* eines Neugeborenen. Ger. Vergr.

Grösse und ausserdem dadurch ausgezeichnet, dass oft mehrere derselben unter einander zusammenhängen und so grössere buchtige Räume bilden. Diese Zellen liegen in einem Gewebe, das wesentlich aus *Sharpey*'schen Fasern gebildet wird, die dicht verfilzt den Haupttheil der Achse der Knochenbalken bilden und zum Theil der Achse der *Havers*ischen Kanälchen parallel verlaufen, zum Theil dieselben ringförmig umgeben, zum Theil schief verlaufen. Von diesen Fasern sind viele von mächtiger Stärke (15 — 30 μ) und bilden eine unentwirrbare Verflechtung, die *Gegenbaur* mit dem passenden Namen Wurzelstock bezeichnet hat. Einzelne Fasern dieses Geflechtes treten in besondere Beziehungen zu den Knochenzellen, indem sie wie an dieselben sich ansetzen (s. *Gegenbaur* l. c. Fig. 6—9) oder dieselben scheinbar in Verbreiterungen aufnehmen; ich möchte jedoch dieses Verhältniss nicht so auffassen, als ob die Zellen Verbreiterungen der Fasern darstellten und zwischen beiden ein inniger Zusammenhang bestände, vielmehr bin ich der Meinung, dass der Ausdruck, dass gewisse *Sharpey*'sche Fasern an Knochenzellen sich ansetzen, ohne mit denselben zu verschmelzen, mehr der Wahrheit entspricht. Ausser diesen Beziehungen der *Sharpey*'schen Fasern zu den Zellen, finden sich im Wurzelstocke auch häufig Stellen, an denen, wie beim Erwachsenen, longitudinal verlaufende Fasern Knochenzellen begrenzen, die dann wie in Interglobularräumen zu liegen scheinen.

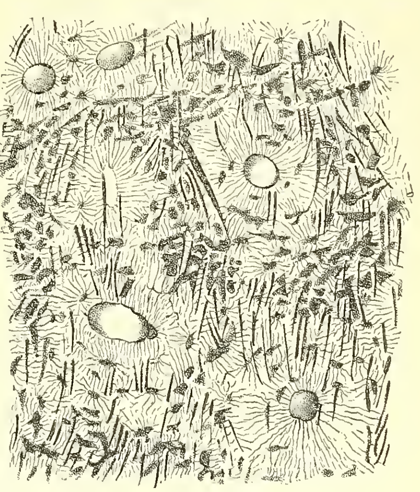


Fig. 235.

Von dem Wurzelstocke aus geht eine grosse Zahl meist feinerer Fasern in die die *Havers*ischen Kanälchen umgebenden Schichten aus und verläuft in der Regel bis an die unmittelbare Begrenzung derselben heran. Meist theilen sich diese Fasern an ihrem Ende mehrfach in feinere Elemente, während andere im ganzen Verlaufe einfach bleiben. Neben diesen Elementen kommen hier und da auch noch andere vor, die ungetheilt von einem *Havers*ischen Kanal zum anderen ziehen und den Wurzelstock einfach durchsetzen. Die Knochenzellen um die *Havers*ischen Kanälchen herum zeigen nichts Auffallendes, und bemerke ich nur, dass ihre Ausläufer namentlich nach Essigsäurezusatz in grosser Menge sehr deutlich zum Vorschein kommen und für feine *Sharpey*'sche Fasern gehalten werden könnten.

Von Lamellen zeigen solche Knochen sehr wenig. Am deutlichsten sieht man Anklänge an solche um einzelne Gefässkanäle herum, seltener auch im Wurzelstocke, und nur ausnahmsweise treten dieselben am erstgenannten Orte bestimmter auf.

Fig. 235. Segment eines Querschliffes des *Humerus* eines Neugeborenen. Grobfaserige Knochensubstanz.

Eine nicht unwichtige Bemerkung ist nun noch die, dass die Vergleichung von Schliffen von Knochen Neugeborener, die geglüht wurden, mit Schnitten von entkalkten solchen Knochen unzweifelhaft lehrt, dass in den letzteren mehr *Sharpey*'sche Fasern sichtbar sind. Es muss somit ein Theil der *Sharpey*'schen Fasern dieser Knochen verkalkt sein. Namentlich gilt dies von den seitlichen Ausläufern des Wurzelstockes, die in Schliffen weniger zur Anschauung kommen und auch der Verästelungen entbehren. Aber auch die Gegend des Wurzelstockes erscheint am entkalkten Knochen reicher faserig. Im Ganzen sind übrigens Schliffe immerhin so reich an lufthaltigen *Sharpey*'schen Fasern, wie die Fig. 235 zeigt, dass man, auch wenn man dieselben mit entkalkten Knochen vergleicht, immer noch zu der Behauptung berechtigt ist, dass auch in Knochen von Neugeborenen die *Sharpey*'schen Elemente grösstentheils unverkalkt sind.

Die Verbreitung der grobfaserigen Knochensubstanz, wie sie eben geschildert wurde, anlangend, so kenne ich dieselbe von allen Röhrenknochen des Neugeborenen und von Kindern der ersten Wochen, die alle im Wesentlichen sich gleich verhalten, doch hebe ich als bemerkenswerth hervor, dass schon bei Neugeborenen an den Diaphysenenden dieser Knochen bis auf 2 cm Entfernung von den Epiphysen sich gut entwickelter lamellöser Knochen vorfindet, und zwar an zwei Stellen, einmal auf den Resten der Knorpelbalken im Inneren als echter lamellöser Knochen und zweitens an der äusseren Oberfläche als lamellöser Faserknochen mit *Volkmann*'schen Kanälen an bestimmten Stellen, an denen typische Periostablagerungen mit *Sharpey*'schen Fasern sich bilden. Diese Stellen erkennt man schon mit blossem Auge leicht an ihrer Glätte, während die Gegenden, wo grobfaserige Knochensubstanz entsteht, rauh und porös aussehen, ebenso wie die Resorptionsflächen. Die deutlichsten Bilder der Art gab mir der Humerus, aber auch Tibia und Femur liessen diese Verhältnisse erkennen und läuft bei ersterem eine solche glatte Zone sogar an der ganzen medialen Kante herab.

Ausserdem habe ich von Knochen von Neugeborenen untersucht: das Darmbein, Schulterblatt, Schlüsselbein, Wirbel, Rippen, Unterkiefer, Jochbein, Schläfenbein, Hinterhauptsbein, Keilbein, Scheitelbein, die Gehörknöchelchen und fand ich folgendes allen Gemeinsame:

1. Alle auf Knorpelreste abgelagerte Knochensubstanz ist, wenn sie nur etwas mächtiger auftritt, schöner lamellöser Knochen.

2. Die von der Beinhaut aus gebildete Knochensubstanz knorpelig präformirter Knochen ist schöne grobfaserige Substanz mit meist unverkalkten *Sharpey*'schen Fasern.

3. Die nicht knorpelig angelegten Knochen des Schädels bestehen an den Stellen, an denen sie in die Fläche wachsen, aus schöner, grobfaseriger Knochensubstanz mit mächtigen, mehr oder weniger unverkalkten Bindegewebsbündeln (*Sharpey*'schen Fasern) und findet sich dasselbe Gewebe auch im Inneren an vielen Stellen. Ausserdem zeigen diese Knochen auch lamellösen Faserknochen an der Oberfläche in gewisser mässiger Entwickelung und echten lamellösen Knochen um die Gefässräume.

§ 86.

Chemische Verhältnisse der Knochen. Die Knochen bestehen wesentlich aus Erdsalzen und aus leimgebender Substanz oder Knochenleim (*Ossein*) und zwar enthalten trockene Knochen ungefähr $^{2}/_{3}$ anorganische Verbindungen und $^{1}/_{3}$ organische Substanz. Behandelt man Knochen mit verdünnten Säuren, so werden die Erdsalze ausgezogen und erhält man eine schneidbare, knorpelähnliche, elastische, gelbliche Masse genau von der Form des Knochens, den sogenannten Knochenknorpel, welche beim Kochen in Wasser sozusagen ganz sich auflöst und Leim giebt. Setzt man die Knochen im Platintiegel einer starken Weissglühhitze aus (Calciniren), so verbrennen, indem der Knochen zuerst schwarz und schliesslich weiss wird, die organischen Bestandtheile desselben und bleiben bei gehöriger Vorsicht die erdigen Bestandtheile ganz in der früheren Gestalt des Knochens zurück. Dasselbe geschieht beim langsamen Verwittern der Knochen und bieten manche fossile Knochen schöne Beispiele dafür dar. In allen diesen Fällen treten die Lamellen der Knochengrundsubstanz sehr schön hervor, doch eignet sich für das Studium derselben am besten der Knochenknorpel, an dem bei längerer Maceration, wie schon die älteren Anatomen wussten, nicht nur die Grundlamellen, sondern auch die *Havers*ischen Lamellensysteme in Gestalt von Säulchen sich isoliren.

Mit Bezug auf das Verhalten der einzelnen Theile der Knochen gegen Reagentien, so war schon im § 82 von demjenigen der Knochenzellen die Rede. In Betreff der *Havers*ischen Kanäle habe ich schon vor langer Zeit (Mikr. Anat. II 2, S. 83) gezeigt, dass die Auskleidungen derselben im Cemente des Pferdezahnes nach Behandlung mit Salzsäure sich erhalten, während die übrige Knochensubstanz bis auf die Knochenzellen sich löst. Später (Würzburger naturw. Zeitschr. I, 1860, S. 314, Fig. 2, 3) wies ich nach, dass auch in den Knochen von zwei Fischen (*Aulacostoma* und *Amia*) durch Maceration in konzentrirter Salzsäure und Salpetersäure oder in *Kali causticum* die Auskleidungen der *Havers*ischen Kanälchen mitsammt den Scheiden der Zahnröhrchen dieser Knochen sich isoliren lassen (Fig. 236, 237). Endlich zeigte *Neumann* (Beiträge zur Kenntniss des norm. Zahnbein- und Knochengewebes 1863, S. 46), dass auch in menschlichen Knochen die Wandungen der *Havers*ischen Kanäle durch Salzsäure sich darstellen lassen, was seither Viele bestätigten, unter denen ich vor Allem *Langer* und *Brösike* (l. s. c.) namhaft mache. Ich finde bei neuen Untersuchungen, wie *Langer*, dass bei einer solchen Behandlung auch eine häutige Auskleidung der Räume der spongiösen Substanz sich isoliren lässt, die wohl ebenfalls dieselbe Bedeutung einer dichteren Grenzschicht hat. Am ausführlichsten handelt *Brösike* über die Einwirkung verschiedener Reagentien auf die Isolirung der genannten Theile und der Knochenkapseln, welche Theile er als Grenzscheiden bezeichnet, doch kann ich nicht mit demselben übereinstimmen, wenn er diese Scheiden als aus *Keratin* bestehend bezeichnet, da dieselben nach meinen Erfahrungen schliesslich beim Kochen in Wasser auch sich lösen.

Die Beziehungen der Erdsalze zu den übrigen Theilen der Knochen anlangend, so hat man bisher allgemein angenommen, dass dieselben mit

der leimgebenden Substanz verbunden seien, nun behauptet aber *v. Ebner*, dass die leimgebenden Fibrillen nicht verkalkt seien, und dass die Knochenerde an eine Kittsubstanz zwischen den Fibrillen gebunden sei. Ich vermag trotz allen Scharfsinnes, den *v. Ebner* an die Begründung dieser Aufstellung verwandt hat, derselben nicht beizupflichten vor Allem aus dem Grunde, weil eine Kitt-

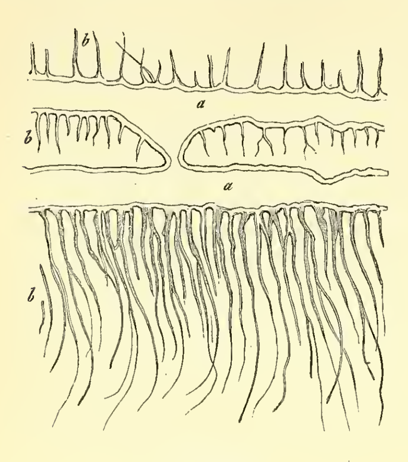


Fig. 236.



Fig. 237.

substanz bis anhin in den Knochen nicht nachgewiesen ist. Aber auch wenn eine solche Substanz da wäre, was ja leicht möglich ist, so könnte dieselbe nur in ganz minimaler Menge zwischen den Fibrillen sich finden und müsste es als ganz unmöglich erachtet werden, dass dieselbe die 66% Erdsalze der Knochen enthält. Diesen Einwürfen gegenüber sind die von *v. Ebner* vorgebrachten Gründe ohne sichere Beweiskraft und verweise ich für Näheres auf die zwischen diesem Forscher und mir geführte Besprechung.

§ 87.

Beinhaut, *Periosteum*. Unter den Weichtheilen der Knochen ist die Beinhaut eine der wichtigsten. Dieselbe ist eine durchscheinende oder mehr undurchsichtige, leicht glänzende oder weissgelbliche, gefässreiche, dehnbare Haut, welche einen guten Theil der Oberfläche der Knochen überzieht und durch die vielen Gefässe, welche sie in das Innere derselben entsendet, für ihre Ernährung von der grössten Wichtigkeit ist. So lange die Knochen wachsen, ist sie es, die durch fortgesetzte Wucherung und Verknöcherung ihrer innersten Lage das Dickenwachsthum der Knochen besorgt, zugleich ist sie aber auch bei den an der Aussenfläche der Knochen vorkommenden Resorptionsvorgängen betheiligt und beim Erwachsenen ist sie wenigstens in krankhaften Fällen als knochenerzeugende Schicht thätig.

Fig. 236. Durch Behandlung mit Salzsäure isolirte Wandungen der *Havers*ischen Kanäle *a* und Scheiden der Zahnröhrchen der Knochen von *Aulacostoma sinense* (Tabakspfeifenfisch). Stärkere Vergr.

Fig. 237. Isolirte Wand eines *Havers*ischen Kanälchens und isolirte Zahnfasern (?) sammt ihren Bildungszellen aus einem Knochen von *Amia calva*. Stärkere Vergr.

Die Beinhaut ist nicht überall gleich beschaffen; undurchsichtig, dick und meist sehnig glänzend ist sie da, wo sie nur von der Haut bedeckt ist oder fibröse Theile, wie Bänder, Sehnen, Fascien, die *Dura mater cerebri*, mit ihr zusammenhängen; dünn und durchscheinend dagegen, wo Muskelfasern ohne Vermittelung von Sehnen unmittelbar von ihr herkommen, ferner an den Diaphysen, wo die Muskeln auf den Knochen nur aufliegen, an der Aussenseite des Schädels (*Pericranium*), im Wirbelkanale, in der Augenhöhle (*Periorbita*). Wo Schleimhäute auf Knochen aufliegen, ist die Knochenhaut meist sehr fest mit der bindegewebigen Grundlage derselben vereint, so dass beide nicht von einander zu trennen sind und eine einzige dickere (am Gaumen, in der Nasenhöhle, an den Alveolen) oder dünnere (*Sinus maxillaris*, Paukenhöhle, *Cellulae ethmoidales*) Haut entsteht.

Die Vereinigung des *Periostes* mit den Knochen selbst ist bald lockerer und kommt durch einfache Aneinanderlagerung und durch zartere in den Knochen eindringende Gefässe zu Stande, oder inniger und wird durch stärkere Gefässe und Nerven und viele sehnige Streifen bewirkt. Ersteres findet sich vorzüglich bei dünnem *Perioste* und fester Substanz der Knochen, wie an den Diaphysen, innen und aussen am Schädeldache, an den *Sinus* des Schädels, letzteres bei dickem *Perioste* und dünner *Subst. compacta*, so z. B. an den Apophysen, bei kurzen Knochen, am Gaumen, an der Schädelbasis. Ferner beachte man, dass alle in den oberflächlichen Grundlamellen vorhandenen *Sharpey*'schen Fasern mit Bindegewebsbündeln in der Beinhaut in Verbindung stehen.

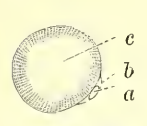
Den feineren Bau der Beinhaut anlangend, so zeigt dieselbe fast überall, mit einziger Ausnahme der Stellen, wo Muskeln unmittelbar von ihr entspringen, zwei Lagen, die zwar fest mit einander zusammenhängen, aber doch durch ihren Bau mehr oder minder deutlich sich unterscheiden. Die äussere Lage wird vorzüglich von Bindegewebe hie und da mit Fettzellen gebildet und ist der Hauptsitz der dem *Perioste* eigenen Gefässe und Nerven, während in der inneren Schicht (*Couche ostéogène*, *Ollier*) elastische Fasern, gewöhnlich der feineren Art, zusammenhängende oft sehr dichte Netze in mehreren Lagen übereinander bilden und das Bindegewebe mehr zurücktritt. Nerven und Gefässe kommen in dieser Lage vor, allein mehr nur als durchtretende, für den Knochen selbst bestimmte. Ausserdem findet sich, worauf *Ollier* aufmerksam gemacht hat, an der Innenseite der Beinhaut auch beim ausgebildeten Thiere eine dünne Lage (*Blastème souspériostal*, *Ollier*), die derjenigen entspricht, von der beim wachsenden Geschöpfe das Dickenwachsthum der Knochen ausgeht, eine Angabe, die ich für den Menschen und die Säuger bestätigen kann, nur dass diese Lage, die dicht stehende rundliche Zellen enthält, nicht beständig ist.

§ 88.

Knochenmark. Fast alle grösseren Hohlräume in den Knochen werden von einer weichen, durchscheinenden, gelblichen oder röthlichen, gefässreichen Masse, dem Knochenmarke, *Medulla ossium*, eingenommen. In den Röhrenknochen findet sich dasselbe in dem Markkanale und in den Räumen der Apophysen, fehlt dagegen in der festen Substanz ausser an den grossen Gefässen derselben; platte und kurze Knochen verhalten sich ebenso, nur enthält die

Diploë der platten Schädelknochen neben dem Marke in besonderen Kanälen auch grössere Venen, von denen weiter unten noch die Rede sein wird. Dem Gesagten zufolge enthalten diese Venenräume, die *Canales nutritii*, *Havers*ischen Kanäle und die oben bezeichneten Nervenkanäle und Lufträume der Knochen kein oder nur wenig Mark.

Das Knochenmark erscheint in zwei Formen, als gelbes und rothes. Ersteres findet sich als eine halbweiche Masse in den langen Knochen und den kurzen Knochen der Extremitäten und besteht nach *Berzelius* im Humerus der Ochsen aus 96% Fett, während letzteres in den platten Knochen und vor Allem in den Wirbelkörpern, der Schädelbasis, dem Brustbeine etc. vorkommt und ausser durch seine röthliche oder rothe Farbe und geringe Festigkeit, auch durch seine chemische Beschaffenheit sich auszeichnet, indem dasselbe nach *Berzelius* in der Diploë 75% Wasser, und Fett nur in Spuren führt. Den Bau anlangend, so finden sich im Marke, abgesehen von Gefässen und Nerven, Bindegewebe, Fettzellen, freies Fett, eine Flüssigkeit, so wie endlich besondere kleinere und grössere Zellen, Markzellen und vielkernige Zellen. Bindegewebe und Fett sind überall zu treffen, jedoch in sehr verschiedenen Mengen. Das erstere ist an der Oberfläche der grossen Markmassen der Diaphysen etwas fester, kann jedoch nur uneigentlich als Markhaut, *Membrana medullaris* (*Endosteum*, *Periosteum internum*, innere Beinhaut) bezeichnet werden, da dasselbe nicht als zusammenhängende Haut sich ablösen lässt. Im Innern des Markes zeigt sich in schwammigen Knochen fast gar kein Bindegewebe, ausser in den grösseren Ansammlungen desselben, dagegen ist dieses Gewebe in den Diaphysen als ein sehr lockeres und zartes, das Fett enthaltendes und die Gefässe und Nerven tragendes Maschenwerk mit Leichtigkeit nachzuweisen. Seine Elemente sind die des lockeren Bindegewebes (siehe § 33), jedoch so viel ich sehe, ohne alle elastischen Fasern, bei jungen Geschöpfen auch mit sternförmigen anastomosirenden Bindegewebskörperchen, die auch in späteren Zeiten noch vorkommen können. Fettzellen von 35—70 μ, nicht selten mit einem deutlichen Kerne, trifft man in grosser Menge in gelbem dichterem Marke, ebenso häufig wie im *Panniculus adiposus* aber meist nicht zu besonderen Läppchen vereint. In zerfliessendem röthlichem Marke wird man sie spärlicher gewahr und in der rothen Pulpe der Wirbelkörper und der platten Schädelknochen zeigen sie sich nur in ganz kleinen spärlichen Häufchen oder ganz vereinzelt, daher die geringe Menge des Fettes in der Diploë nach *Berzelius*. In wassersüchtigem Marke sind diese Zellen oft nur zur Hälfte mit Fett, einem oder mehreren Tröpfchen, gefüllt und ausserdem viel Serum haltend, und bei Hyperämie der Knochen erscheinen sie zum Theil verkleinert, zum Theil spindelförmig ausgezogen. Freie Fetttröpfchen und eine helle oder gelbliche Flüssigkeit sieht man in den weicheren Arten des Markes wohl immer, oft in ziemlicher Menge. Dass die ersteren nicht durch die Präparation aus Zellen frei geworden sind, davon überzeugt man sich leicht, dagegen muss es dahin-



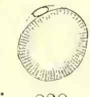


Fig. 238.

Fig. 238. Zwei Fettzellen aus dem Marke des *Femur* des Menschen. *a* Kerne, *b* Zellenmembran, *c* Fetttropfen. 350 Mal vergr.

gestellt bleiben, ob dieselben von zu Grunde gegangenen Zellen herrühren oder nicht. Endlich findet man zugleich mit etwas Flüssigkeit in allem rothen oder selbst nur röthlichen Marke, in reingelbem dagegen nur hie und da an der Oberfläche desselben (*Luschka*), kleine, rundliche, kernhaltige, selten gefärbte Zellen, ganz ähnlich denen des jungen Knochenmarkes. Diese Markzellen sind in den Wirbeln, den Knochen des eigentlichen Schädels, im Brustbeine und in den Rippen eine regelrechte Erscheinung, wogegen sie in den langen und kurzen Knochen der Glieder grösstentheils fehlen und in der *Scapula*, im *Os innominatum* und in den Gesichtsknochen in wechselnder Anzahl sich finden. Nach den leicht zu bestätigenden Untersuchungen von *Neumann* und *Bizzozero* trifft man im rothen Marke die ebengenannten Zellen ohne Ausnahme in allen Uebergängen in rothe Blutzellen genau in derselben Weise, wie dies nach meinen alten Erfahrungen im Blute und in der Milz von Embryonen gefunden wird, und hat man dieselben somit als Entwickelungsstufen von rothen Blutzellen zu betrachten; doch soll hiermit nicht gesagt sein, dass alle Markzellen eine solche Umbildung durchmachen, indem es nahe liegt, einen Theil derselben als Abkömmlinge der früheren *Osteoblasten* zu deuten.

Die grösseren Zellen des Markes oder die vielkernigen Zellen finden sich ebenfalls in zwei Abarten. Die einen stimmen ganz mit den unten zu besprechenden *Ostoklasten* überein, die bei den Resorptionsvorgängen der Knochen sich betheiligen, während die andern meist kleiner sind, frei im Marke drin liegen und an den Kernen, die meist gehäuft im Innern liegen, mannigfache Theilungserscheinungen darbieten und auch selbst oft wie in Zerklüftungen begriffen sind (s. S. 63).

Röthliches Mark kommt auch als pathologische Erscheinung vor, wie *Hasse* und *ich* schon vor Jahren zeigten (*Henle's* Zeitschr. Bd. V) und wird man dies beim Erwachsenen bei Würdigung der Verbreitung des rothen Markes zu beachten haben. Bei Embryonen ist alles Mark roth und wandelt sich in der nachembryonalen Zeit nur langsam theilweise in Gelbes um.

§ 89.

Verbindungen der Knochen. *A. Synarthrosis*, Verbindung ohne Gelenke. 1. Bei der Naht, *Sutura*, vereinen sich die Knochen durch einen ganz schmalen häutigen weisslichen Streifen von Bindegewebe, das Nahtband, das mit gleichlaufenden kurzen Bündeln von einem Knochenrande zum andern geht, und einzig durch die Anwesenheit von vielen kurzen und unregelmässigen, meist länglichen Bindegewebskörperchen sich auszeichnet.

2. Die Bandverbindung, *Syndesmosis*, kommt durch fibröse und elastische Bänder zu Stande. Die fibrösen Bänder bilden die Mehrzahl der Bänder, sind weiss und glänzend und stimmen in ihrem Baue zum Theil mit den Aponeurosen und Muskelbändern, zum Theil mit den wirklichen Sehnen überein. Elastische Bänder sind die *Ligamenta flava* zwischen den Wirbelbogen und das *Ligam. nuchae*, das jedoch beim Menschen bei weitem nicht so entwickelt ist, wie das der Säuger. Ferner sind auch das *Ligamentum stylohyoideum*, und *Lig. laterale internum maxillae inferioris* vorzugsweise aus stärkeren elastischen Fasern gebildet. Gewisse fibröse Bänder führen auch

Knorpelzellen, wie der quere Theil des *Lig. cruciatum dentis* und das *Lig. teres* am *Femur*.

3. Die Knorpelhaft, *Synchondrosis*, kommt durch Knorpel zu Wege unter grösserer oder geringerer Betheiligung von faserknorpeligen und fibrösen Massen. Als Vorbild derselben kann die Verbindung der ersten Rippe mit dem Brustbeine dienen, bei der eine zusammenhängende Knorpelmasse die beiden Knochen vereint und als äussere Fasermasse nur das *Perichondrium* da ist. Die *Synchondrose* zwischen *Manubrium* und *Corpus sterni* und diejenige zwischen dem letztern und dem *Processus ensiformis* hat, wo sie da ist, in der Mitte eine Lage weisslichen Knorpels mit faseriger Grundsubstanz, in der selbst dort eine spaltförmige Höhle auftreten kann und bei den Verbindungen des 2.—7. Rippenknorpels mit dem Sternum sind in der Regel einfache oder doppelte Höhlen da, im letzteren Falle mit einem Knorpelstreifen in der Mitte nach Art der *Ligg. interarticularia*, doch finden sich in gewissen Fällen auch hier *Synchondrosen* (*Luschka*). Bei der *Symphysis ossium pubis*, der *Synchondrosis sacro-iliaca* und der Vereinigung der Wirbelkörper findet sich unmittelbar am Knochen eine Lage echter Knorpelsubstanz, welche an den beiden ersten Orten unmittelbar, an letzteren durch Mithilfe eines faserknorpeligen Gewebes mit der anderen Seite sich verbindet und äusserlich von faserknorpeligen und fibrösen ringförmigen Lagen umgürtet wird. Im Innern dieser Verbindungsmassen findet sich oft eine Höhle, so dass namentlich die *Synchondrosis sacro-iliaca* auch als eine Art Gelenk angesehen werden kann (*Zaglas*, *Luschka*).

Die *Ligamenta intervertebralia*, Zwischenwirbelbänder oder Bandscheiben der Wirbelkörper bestehen 1. aus äusseren ringförmigen Schichten von Faserknorpel und weisslichem Bindegewebe, 2. aus einem mittleren, vorzüglich faserknorpeligen weichen Kerne und 3. aus zwei den Knochen unmittelbar aufliegenden Knorpellagen. Die ringförmigen Schichten oder der Faserring bestehen zu äusserst aus Bindegewebe, weiter nach innen aus abwechselnden Lagen von Bindegewebe und von Faserknorpel, welcher letztere schon an frischen Querschnitten in Gestalt von matten gelblichen Streifen, die in Wasser hart und durchscheinend werden, sich zu erkennen giebt und bei der mikroskopischen Untersuchung kleine, reihenweise gestellte, verlängerte Knorpelzellen in einem faserigen Gewebe zeigt, das von Bindegewebe durch eine grössere Steifheit, den Mangel deutlicher Fibrillen, grosse Widerstandskraft in Alkalien und Essigsäure und den gänzlichen Mangel von elastischen Fasern sich unterscheidet.

Die weisslichen Lagen der äusseren Schichten, welche nach *Luschka* auch Blutgefässe führen, können, obschon ihre Fibrillen etwas starrer sind als die gewöhnlicher Bänder und Sehnen, weniger leicht zerfasern und nur wenige Bindegewebskörperchen und häufig gar keine feinen elastischen Fasern zwischen sich haben, doch als Bindegewebe betrachtet werden. Dieselben bilden 0,75—2,80 mm und darüber dicke, geschlossene Kreise oder Segmente von solchen und wechseln entweder mit ähnlichen Schichten von Bindegewebe oder mit den etwas dünneren und ebenfalls häufig nicht ganz geschlossenen, fest mit ihnen verbundenen Ringen des Faserknorpels ab. Die Fasern der beiderlei Gewebe gehen im Allgemeinen von oben nach unten, doch stehen dieselben ohne Ausnahme schief und so, dass sie in den verschiedenen Lagen sich kreuzen, was auch für die äusseren ringförmigen Lagen gilt, wo nur Bindegewebe mit einander abwechselt. Von dieser verschiedenen Richtung der Fasern ist es auch abhängig, dass die einzelnen Schichten auch da, wo dieselben alle bindegewebig sind, doch abwechselnd eine verschiedene Färbung darbieten, die mit der Stellung derselben zum Lichte wechselt (*Henle*, Anat. I). Ausserdem ist noch zu erwähnen, dass die einzelnen Lagen selbst wiederum einen mehr oder minder deutlich blättrigen Bau erkennen lassen, in der Weise, dass die Blätter in den Bindegewebsschichten ebenso verlaufen, wie die Schichten selbst,

in den faserknorpeligen Theilen dagegen mehr in der Richtung der Halbmesser einer Bandscheibe stehen.

Die weichere mittlere Masse der *Ligamenta intervertebralia* oder der Gallertkern der Anatomen besteht einerseits aus weichem Faserknorpel und Bindegewebe, anderseits aus Resten der fötalen *Chorda dorsalis*. Im Jahre 1858 wurde von mir gezeigt (Würzb. Verh. IX. St. XLVIII), dass die *Ligamenta intervertebralia* von einjährigen Kindern regelrecht eine birnförmige Höhle enthalten, welche von der fortgewucherten Masse der *Chorda dorsalis* erfüllt sei, sowie dass aus dieser Masse, die aus einer weichen Zwischensubstanz und vielen Haufen oder netzförmig verbundenen Strängen von eigenthümlichen Zellen mit Flüssigkeit haltenden Räumen bestehe, ein guter Theil des Gallertkernes der *Ligamenta intervertebralia* des Erwachsenen sich entwickle, bei dem man selbst noch in gewissen Fällen die eigenthümlichen Chordazellen des Neugeborenen finde. Der Chordarest des Erwachsenen ist in der Mitte des Gallertkernes in einer unregelmässigen Höhle enthalten (*Luschka*), die von weicheren Theilen der vorhin erwähnten Schichten umgeben wird, die zuletzt durchscheinend, weich, endlich fast gleichartig wird. Das Mikroskop ergiebt vorwiegend Faserknorpel mit grossen (26 – 53 μ), vielgestaltigen, oft ineinander eingeschachtelten dickwandigen Knorpelzellen (Fig. 10), und daneben eine undeutlich faserige oder körnige, oft wie in Zersetzung begriffene Grundsubstanz da und dort mit sternförmigen Zellen (Bindegewebskörperchen), die mit rundlichen Zellen untermengt vorkommen. Diese weiche Masse umgiebt dann oft mit unregelmässigen Fortsätzen, die Chordareste, so dass beide Theile verschiedentlich ineinander eingreifen und eine scharf begrenzte Höhle zur Aufnahme des Chordarestes, wie sie dem Kinde zukömmt, fehlt.

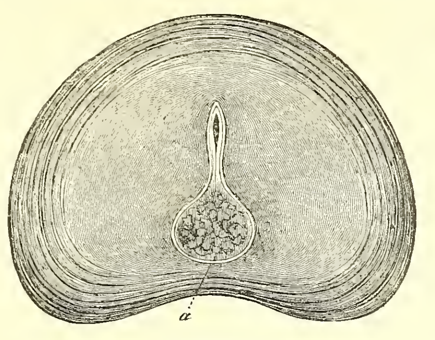
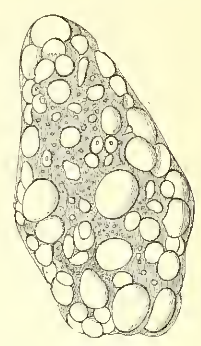


Fig. 239.


Fig. 240.

Die mittleren Theile der Fasermassen der *Ligg. intervertebralia* gehen gegen die Verbindungsflächen der Wirbelkörper zu in eine dünne harte gelbliche Lamelle wirklicher Knorpelsubstanz mit verdickten, zum Theil mit Kalkkrümmeln belegten Zellen über, welche nicht unähnlich einem Gelenkknorpel, jedoch minder fest am Knochen haftet. Weiter nach aussen findet sich zwar auch noch Knorpelsubstanz in Gestalt vereinzelter Scheibchen oder Theilchen, die wie es scheint, vorzüglich mit den faserknorpeligen Theilen in Verbindung stehen, und zwischen denselben zeigt sich Bindegewebe mit eingestreuten Knorpelzellen, wie in den Ansätzen der Sehnen an Knochen. Die diesem Theile der Bandscheiben entsprechenden äusseren Theile der Wirbelkörperfläche sind im Gegensatze zu den inneren nach dem Ablösen der Bänder wie löcherig, mit frei zu Tage liegendem Marke; die Knorpelscheibchen sind es, die die Poren schliessen, während das Fasergewebe mit senkrecht stehenden Fasern an die Knochensubstanz zwischen denselben sich anschliesst.

Zwischen dem Kreuzbeine und Steissbeine und den einzelnen Steissbeinwirbeln finden sich sogenannte falsche Zwischenwirbelbänder, die aus einer mehr gleichmässigen faserigen Masse ohne Gallertkern bestehen. Die einzelnen Kreuzbeinstücke besitzen früher wahre Zwischenwirbelbänder zwischen sich, die später von aussen nach innen

Fig. 239. *Lig. intervertebrale* eines Neugebornen im Querschnitte. *a* Chordahöhle mit den Zellen der Chorda erfüllt. Etwa 4 Mal vergr.

Fig. 240. Ein Haufen Chordazellen mit Vacuolen aus einem *Lig. interv.* eines 5 Wochen alten Kindes. 350 Mal vergr.

verknöchern, jedoch so, dass man noch bei Erwachsenen häufig Spuren des Bandes in der Mitte sieht. Nach *Luschka* bleibt hier selbst bis ins späteste Alter eine trockene gelbliche Knorpelmasse übrig (Halbgelenke St. 99). An den Halswirbelkörpern fand *Luschka* ausser dem mittleren Zwischenwirbelbande auch kleine seitliche Gelenke, zwischen den Vorsprüngen am Seitenrande jedes untern und der entsprechenden Fläche jedes obern Wirbels, welche jedoch nicht in allen Fällen bestimmt als solche ausgeprägt waren (Halbgel. St. 70–73).

Bei der Symphyse der Schambeine besteht die Knorpellage, die in den mittleren und vorderen Theilen der Fuge am dicksten ist, und durch eine äusserst unebene Fläche mit dem Knochen sich verbindet, jederseits in einer Dicke von 1—2,2 mm aus wahrer Knorpelsubstanz mit gleichartiger feinkörniger Grundmasse und einfachen Mutterzellen, von 22—53 μ Grösse. In der Mitte wird die Grundsubstanz weicher und faserig und hier findet man auch, wie es scheint vorzüglich beim weiblichen Geschlechte (nach *Aeby* fehlte bei Weibern unter 28 Fällen die Höhle 2mal, bei Männern unter 38 Fällen 10mal) nicht selten eine unregelmässige enge Höhlung mit häufig unebenen Wänden und etwas schmieriger Flüssigkeit, die offenbar einer Auflösung der innersten Knorpellagen ihren Ursprung verdankt, von welcher deutliche Spuren auch an den sie begrenzenden Knorpeltheilen wahrzunehmen sind. Vor dem 7. Jahre fehlt nach *Aeby* diese Höhle ohne Ausnahme und ist später beim Weibe umfangreicher. Der Einfluss der Schwangerschaft auf diese Höhlung ist noch nicht hinreichend ermittelt, immerhin sprechen meine Erfahrungen wie die von *Aeby* dafür, dass nicht in allen Fällen eine Vergrösserung derselben gefunden wird, wie Einige dies annehmen. Wo sie vorkommt scheint sie besonders in Folge schwerer und häufiger Geburten aufzutreten. Die äusseren Lagen der Symphyse, die bekanntlich vorn und oben am entwickeltesten sind, gehen, die alleräussersten rein bindegewebigen Lamellen abgerechnet, nicht unmittelbar vom Knochen aus, sondern vereinen eigentlich nur die äusseren Theile der beschriebenen Knorpellagen, und bestehen vorzüglich aus einer allem Anscheine nach mit dem Bindegewebe übereinstimmenden, hie und da Knorpelzellen haltenden Fasermasse.

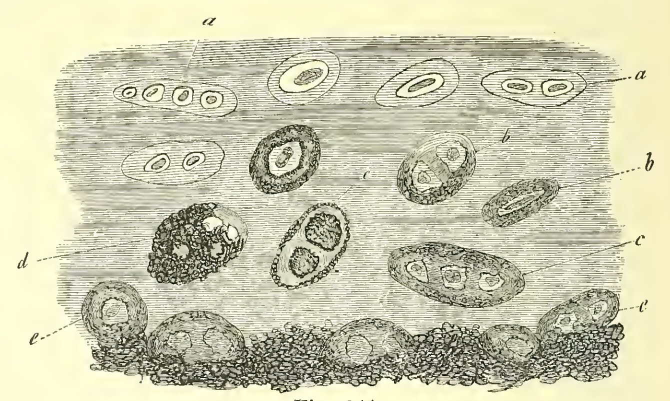


Fig. 241.

An der Symphyse kommt fast regelrecht eine Bildung von verkalktem Knorpel vor (Fig. 241). Immer nämlich trifft man am Knochenrande derselben halb in den Knorpel hineinragende oder ganz in demselben liegende verkalkte Knorpelkapseln mit gleichartigen oder (von Kalksalzen) körnigen dicken Wänden von 26—35 μ Grösse und rundlichen kleinen *Protoblasten.* Auch prächtige, halb und ganz ossifizirte Mutterkapseln mit 2 Tochterzellen und 33–64 μ Grösse, bis zu solchen mit 10—20 eingeschlossenen Zellen und einer Länge von 112 μ werden fast in jedem Präparate deutlich.

Die *Synchondrosis sacro-iliaca* wird durch eine platte, 1,68–3,37 mm dicke Knorpellage vermittelt, welche mit den *Superficies auriculares* der betreffenden

Fig. 241. Knochenrand gegen den Knorpel von der Symphyse des Mannes. 350 Mal vergr. *a* Knorpelzellen mit verdickten Wänden, *b* solche in der Ossifikation begriffen, *c* fast ossifizirte Zellen mit gleichartigen Wänden frei in der Grundsubstanz des Knorpels, *d* eben solche mit Kalkkrümeln, *e* ossifizirte Zellen am Rande der Kalkkrümel enthaltenden Grundsubstanz des Knochens, halb hervorragend.

Knochen fest vereint und zwischen denselben ausgebreitet ist. Die Knorpelkapseln sind in der Nähe der Knochen abgeplattet, mit ihren Flächen gegen dieselben gerichtet und zeigen schöne Uebergänge in halb und ganz freie, am Rande des Knochens befindliche verkalkte Bildungen, wie sie die Fig. 241 zeigt. Hier im Innern findet sich, nach *Zaglas* u. A. regelrecht, dem Hüftbeine näher eine spaltenförmige Höhle, die die Knorpellagen beider betreffenden Knochen vollständig oder fast vollständig von einander scheidet. Dieselbe enthält etwas *Synovia*-ähnliche Feuchtigkeit und ist von glatten und ebenen Wänden begrenzt, die durch ihre grössere Härte und auch durch ihren Bau von den übrigen Knorpeltheilen sich unterscheiden. Die Grundsubstanz derselben ist in der Richtung der Fläche feinfaserig, die Zellen alle sehr gross (bis zu 78 μ), mit vielen Tochterzellen und ungemein verdickten Wänden, so dass die Zellenhöhlen auch der Tochterzellen oft ausnehmend verkleinert erscheinen, ohne jedoch von Porenkanälchen oder Ablagerungen von Kalksalzen eine bestimmte Andeutung zu zeigen.

Die Rippenknorpel sind von einem festen, aus Bindegewebe und vielen elastischen Elementen bestehenden *Perichondrium* überzogen, welches einerseits am Sternalende in Verbindung mit den hier befindlichen Synovialhäuten beginnt, andrerseits unmittelbar ins Periost der Rippen übergeht. Der durch eine rauhe Oberfläche mit dieser Haut verbundene Knorpel ist bedeutend fest, jedoch elastisch, blassgelb oder in feinen Schnitten bläulich durchscheinend, im Innern fast immer an einzelnen Stellen gelblich-weiss, mit Seidenglanz. Seine Grundsubstanz zeigt an den letzteren Orten einen faserigen Bau, an den übrigen ein fein körniges Aussehen; von den Zellen sind die äussersten in einer Schicht von 130—220 μ länglich, abgeplattet, der Oberfläche gleichgestellt, meist klein (bis 13 μ), zum Theil auch grösser, mit einigen oder selbst vielen hintereinander liegenden Tochterzellen erfüllt; weiter nach innen werden dieselben, ohne ihre abgeplattete Gestalt ganz zu verlieren, grösser (67—112 μ die meisten), länglichrund und rundlich und stehen mit ihren Flächen nach den Knorpelenden zugewandt, mit ihrer Längsachse meist in der Richtung der Halbmesser der Querdurchschnitte der Rippen, in manchen Fällen freilich auch unregelmässig nach verschiedenen Seiten zu. Die grössten Zellen (bis zu 180 μ, selbst 220 μ) finden sich in den faserigen Stellen und zwar führen dieselben, wie überhaupt alle inneren Zellen, Tochterzellen in verschiedener, oft sehr beträchtlicher (bis zu 60, *Donders*) Zahl. Was die Elemente der Rippenknorpel besonders bezeichnet, ist das reichlich in ihnen enthaltene Fett. In allen Zellen nämlich, mit Ausnahme der oberflächlichen, finden sich bei Erwachsenen grössere oder kleinere (von 4—18 μ), bald kreisrunde, bald unregelmässige Fetttropfen, welche die Zellenkerne häufig so umgeben, dass von ihnen nichts mehr zu sehen ist (Fig. 242 *ab*), weshalb man, jedoch nicht ganz richtig, angenommen hat, dass das Fett in diesen seinen Sitz habe. Sehr häufig sind ferner in Rippenknorpeln namentlich älterer Leute Zellen mit ungemein dicken Wandungen, wie sie die Fig. 10 zeigt und dann im Untergange begriffene solche Elemente, so dass die Wandungen mit der Grundsubstanz unkennbar verschmolzen sind und von den Kapseln nichts weiter erhalten ist, als ein ganz kleiner unscheinbarer Rest des Knorpelzellen-*Protoblasten*. — Der Knorpel am

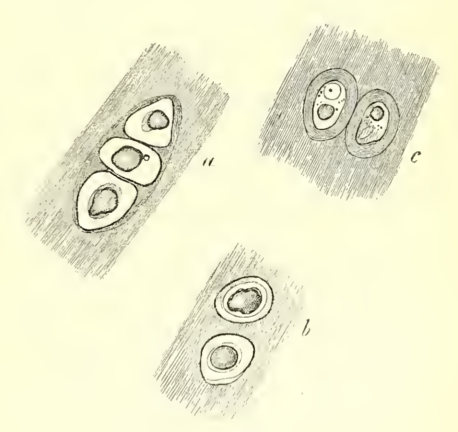


Fig. 242.

Fig. 242. Knorpelzellen des Menschen, 350 Mal vergr. *a* Mutterzelle mit drei fettropfenhaltenden Tochterzellen aus einem Rippenknorpel. *b* Zwei Zellen von ebendaher, deren Fettropfen von einem blassen Saume umgeben ist. *c* Zwei Zellen mit verdickter Wand aus dem Knorpel am grossen Horne des Zungenbeins, die neben dem Fettropfen einen deutlichen Kern führen.

grossen Horne des Zungenbeines und zwischen dem Körper und grossen Horne und die unregelmässig auftretenden Knorpelanhänge am *Proc. styloideus* und *Cornu minus* weichen in Nichts von den Rippenknorpeln ab, nur dass ihre Knorpelzellen nicht immer grössere Fettropfen führen.

Die Rippenknorpel verknöchern im höhern Alter ungemein häufig, doch ist diese Ossifikation, ebenso wie die Zerfaserung ihrer Grundsubstanz, nicht als etwas ganz normales zu betrachten und mit der gewöhnlichen Ossifikation nicht auf eine Linie zu stellen. Die Verknöcherungen sind bald beschränkter, bald ausgebreiteter. Im ersten Falle kommt es häufig nicht weiter, als bis zu Ablagerungen von Kalksalzen in die dicken Wandungen der Knorpelkapseln und ihrer faserig gewordenen Grundsubstanz; im letzteren (und auch oft im ersteren) geht der Ossifikation die Bildung von Hohlräumen im Knorpel und eines Knorpelmarkes mit Gefässen in demselben voraus, welche theils mit denen des *Perichondrium*, theils mit denen der Rippen zusammenhängen, und ist die Knochensubstanz regelrechter ähnlicher, doch fast immer dunkler, minder gleichartig und mit wenig ausgebildeten, oft krümlige Niederschläge enthaltenden Knochenhöhlen. Unter dem Namen Knorpelmark versteht man die an die Stelle der sich auflösenden Knorpelsubstanz tretenden Markzellen, Fettzellen, Bindegewebsbündel und Gefässe, welche mit denen sich entwickelnder fötaler Knochen so zu sagen ganz übereinstimmen und in ossifizirenden Rippen- und Kehlkopfsknorpeln leicht zu beobachten sind.

Die mannigfach wechselnden Verhältnisse der Synchondrosen und ihre Uebergänge in wirkliche Gelenkverbindungen begreifen sich leicht, wenn man weiss, dass die meisten Gelenke aus solchen sich entwickeln (siehe unten). *Luschka* hat daher wohl auch nicht so unrecht, wenn er die Synchondrosen und gewisse Amphiarthrosen, wie der Ilio-Sacralgelenke und die *Articulationes sterno-costales* unter dem Namen Halbgelenke zusammengefasst. Nur kann ich die Chordahöhle der *Ligg. intervertebralia* nicht als Homologon einer Gelenkhöhle auffassen.

§ 90.

B. Gelenkverbindung, *Diarthrosis*, Gelenkknorpel. Die Gelenkenden der Knochen oder die sonst an einem Gelenke sich betheiligenden Flächen derselben sind ohne Ausnahme mit einer dünnen Knorpellage überzogen, welche in der Mitte an den sich berührenden Flächen von ziemlich gleichmässiger Dicke (von 0,2—5,0 mm) ist, weiter nach aussen allmählich dünner wird und endlich ganz scharf ausläuft. Dieser Gelenkknorpel, *Cartilago articularis*, sitzt mit einer rauhen Fläche fest an dem Knochen an, ohne durch irgend welche dazwischen gelegene Theile mit ihm sich zu vereinen und ist an der entgegengesetzten Seite in den meisten Gelenken grösstentheils ganz nackt und nach der Gelenkhöhle zugewendet, zum Theil von einer besonderen Faserhaut, einem *Perichondrium*, überzogen, das als unmittelbare Verlängerung des Periostes über einen meist nur geringen Theil des Knorpels sich hinzieht und dann ohne scharfen Rand allmählich endet. — In einigen Gelenken (Schulter-, Hüftgelenk) finden sich zur besseren Umschliessung der Gelenkköpfe besondere Knorpellippen, *Labra cartilaginea*, in Gestalt fester, gelblichweisser Faserringe, die mit breiterer Grundfläche am Rande des Gelenkknorpels unmittelbar am Knochen, zum Theil auch an dem Knorpel aufsitzen, zugeschärft, grösstentheils frei und unbedeckt von der Synovialhaut oder einem Epithel ins Gelenk hineinragen und aussen mit dem Perioste und der Synovialkapsel zusammenhängen.

Mit Rücksicht auf den feineren Bau der eben beschriebenen Theile, so zeigt der Gelenkknorpel am ausgebildeten Knochen (Fig. 243) unter regelrechten Verhältnissen eine durchweg feinkörnige, zum Theil fast gleichartige

Grundsubstanz und in dieser mehr dünnwandige Knorpelkapseln, die an der Oberfläche zahlreich und platt, mit ihren Flächen derselben gleich liegen, weiter nach innen länglichrund oder rundlich und spärlicher werden und nach verschiedenen Richtungen durcheinander stehen, am Knochenrande endlich, länglich von Gestalt, senkrecht auf denselben gerichtet sind. Diese Kapseln haben alle deutliche, namentlich nach Essigsäurezusatz von der Grundsubstanz leicht unterscheidbare Wandungen, und in ihrem *Protoblasten* einen hellen, manchmal körnigen, jedoch wenig fetthaltigen Inhalt und bläschenförmige Kerne; sie stehen einzeln oder in Gruppen und führen sehr häufig zwei, vier oder selbst noch mehr Tochterzellen, welche bei den platten Zellen nebeneinander, bei den länglichen reihenweise stehen. Am Kopfe des Unterkiefers, wie am Schläfenbeine, findet man, so lange der Knochen nicht ausgebildet ist, eine mächtige Lage ganz ausgezeichneter Knorpelkapseln, gegen die Gelenkhöhle zu von einer Bindegewebslage überzogen. Diese Knorpellage schwindet, je mehr der Knochen seiner Ausbildung sich nähert und am Ende bleibt unter der dicker gewordenen Bindegewebslage nur noch eine ganz dünne und durchscheinende Schicht, deren Elemente, obschon dem Baue nach nicht wirkliche Knochenzellen und auch nicht ossifizirt, doch denselben näher zu stehen scheinen als den Knorpelzellen. Nach *Henle* bleibt in den vorderen Theilen der Gelenkflächen unter dem Bindegewebe eine $^1/_3$ mm mächtige Lage echten Knorpels. Faserig ist nach *Bruch* auch der Ueberzug am Sternalende der *Clavicula*, während nach *Henle* (Bänderlehre S. 63, 65) an beiden Enden der *Clavicula*, sowie an den betreffenden Gelenkflächen des *Acromion* und *Sternum* ein knorpelzellenhaltiges Bindegewebe sich findet; ebenso am *Lig. transversum dentis*, während die betreffende Stelle des Zahnes nur von Bindegewebe bekleidet ist, am *Capitulum ulnae*, im unteren *Radio-ulnar-* und am unteren *Tibio-fibular-*Gelenke. Bindegewebig ist der Ueberzug der *Trochlea humeri* am vorderen und hinteren Rande und der *Cavitas glenoidea radii*. An den Rippenköpfchen, die mit zwei Wirbeln verbunden sind, liegt nach *Luschka* über einer Knorpellage eine mächtige Lage von Fasersubstanz (*Müll.* Arch. 1856 S. 485).

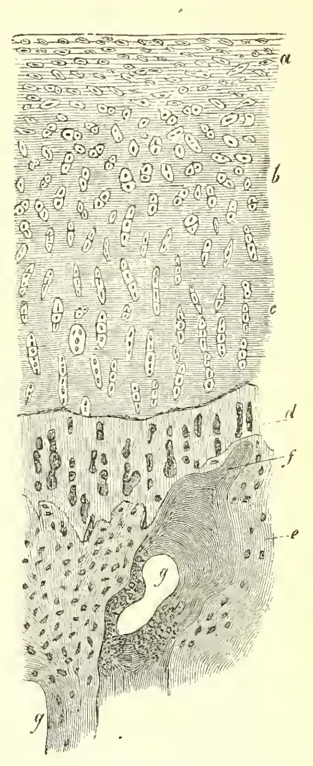


Fig. 243.

Die Knorpellippen der Gelenke bestehen vorzüglich aus Bindegewebe, enthalten jedoch ohne Ausnahme einzelne Knorpelzellen von runder oder länglicher Gestalt, mit mässig dicker Membran, deutlichem Kern und hie und da

Fig. 243. Gelenkknorpel eines menschlichen *Metacarpus* senkrecht durchschnitten, 90 Mal vergr. *a* Oberflächlichste platte Knorpelzellen, *b* mittlere rundliche, *c* innerste senkrecht und in kleinen Reihen stehende Zellen, *d* äusserste Schicht des Knochens mit ossifizirter faseriger Grundsubstanz und dickwandigen, hier durch Luft dunklen Knorpelzellen, *e* wirkliche Knochensubstanz, *f* Enden der Markräume der Apophyse, *g* Markraum.

Fettkörnchen. Mutterzellen sah ich hier nicht, dagegen findet man nicht selten reihenweise gestellte Zellen, welche man für Knorpelzellen anzusprechen geneigt ist, obschon dieselben die deutlichsten Uebergänge in Bindegewebskörperchen zeigen. Gelenkknorpel führen ausser während der Entwickelung, worüber unten das Nähere zu finden ist, keine Nerven und Gefässe. Die Knorpellippen sind nerven- und gefässlos.

Eine besondere Erwähnung verdient das Verhalten des Knochens unter den Gelenkknorpeln. Derselbe besteht nämlich an fast allen Gelenken unmittelbar am Knorpel aus einer Lage nicht vollkommen ausgebildeter Knochensubstanz und erst weiter nach innen aus dem bekannten Gewebe (Fig. 243). Die erwähnte Lage von 90—350 μ, im Mittel 260 μ Dicke besteht aus einer gelblichen, meist faserigen, knochenharten und wirklich verknöcherten Grundsubstanz, enthält jedoch keine Spur von *Havers*ischen Kanälchen oder Markräumen und ebenso keine ausgebildeten Knochenhöhlen. Statt der letzteren trifft man rundliche oder längliche, oder in Häufchen oder Reihen beisammenstehende Körperchen, grössere von 35—53 μ Länge, 13-18 μ Breite und kleinere von 13—18 μ Länge, 9—11 μ Breite, welche an Knochenschliffen durch Luft dunkel erscheinen und nichts als dickwandige, noch mit Inhalt (Fett, Kernen) versehene, Andeutungen von Porenkanälchen zeigende und verkalkte Knorpelzellen, mit anderen Worten eine Art unentwickelter Knochenzellen sind. Die diese Zellen führende Schicht, welche gegen den Knorpel durch eine gerade, hie und da von Kalkkrümeln dunkle Linie und gegen den wahren Knochen durch eine buchtige Grenzlinie, an der man oft wie die Umrisse von Kapseln um die einzelnen Knochenzellen unterscheidet, sich abgrenzt, findet sich, wie ich wenigstens sehe, in allen Altern von der vollendeten Entwickelung der Knochen an ganz regelrecht in allen Gelenken, mit Ausnahme des Kiefergelenkes, wo jedoch *Bruch* und *Tomes* und *de Morgan* dieselbe ebenfalls gesehen haben, und der Gelenke am Zungenbein.

Beim Fötus aus der Mitte des Fötallebens sollen nach *Toynbee* (Phil. Transact. 1841) die Gefässe der Synovialhaut viel weiter auf den Gelenkknorpel übergehen, wovon ich jedoch am *Humerus* von 5—6monatlichen Früchten und auch bei Neugeborenen mich nicht überzeugen konnte. — In pathologischen Fällen kommen in den Gelenkknorpeln Zelleneinschachtelungen ungemein ausgebildet vor (s. Fig. 6), so namentlich bei sammtartigen Knorpeln, in denen die Mutterzellen mit 1 oder 2 Generationen von Zellen und oft von sehr bedeutender Grösse, auch fetthaltig, ziemlich frei in faseriger Grundsubstanz liegen und leicht einzeln sich darstellen lassen (vergl. auch *Ecker* in *Roser* und *Wunderlich's* Arch. Bd. II. 1843. S. 345). Die Gelenkknorpel sind beim Erwachsenen gefässlos (über die Gefässe derselben bei wachsenden Knochen siehe unten), doch entwickeln sich die Gefässe an ihren Rändern von der Synovialhaut aus oft weiter über sie herüber. Von einer Entzündung der Knorpel kann demnach bei Erwachsenen keine Rede sein, wohl aber leiden dieselben bei krankhaften Zuständen ihrer Knochen oder Entzündungen der Synovialhaut, zerfasern sich oft mit gleichzeitiger Dickenzunahme, da *Cruveilhier* (Dict. de méd. et de chir. prat. III. 514) die Fasern bis zu 13 mm Länge sah, was die normale Dicke der Gelenkknorpel weit übersteigt, nutzen sich leichter ab und schwinden selbst ganz (bei Eiterungen im Knochen oder in den Gelenken), so dass die Knochen frei stehen; auch erleiden sie theilweise Substanzverluste, so dass geschwürähnliche Lücken, die ebenfalls bis zum Knochen dringen oder von demselben ausgehen, sich bilden.

Die Gelenkkapseln, *Capsulae s. Membranae synoviales*, sind keine geschlossenen Kapseln, sondern kurze weite Schläuche, welche mit zwei offenen Enden sich an die Ränder der Gelenkflächen der Knochen anlegen und dieselben so verbinden. Dieselben sind eigentlich mehr oder weniger zarte, durchscheinende Häute, werden aber an vielen Orten von äusserlich an ihnen gelagerten Faserschichten, den sogenannten fibrösen Kapseln, so fest und

vollständig überzogen, dass sie für die oberflächliche Besichtigung das Ansehen ziemlich derber Kapseln annehmen. Diese fibrösen Lagen befinden sich besonders da, wo keine oder wenige Weichtheile die Gelenke schützen, oder wo eine sehr feste Vereinigung erzielt werden soll (Hüftgelenk), fehlen dagegen meistens oder sind unentwickelt, wo Muskeln, Sehnen und Bänder an Gelenken anliegen oder wo besonderer Zwecke wegen die Synovialhaut bedeutendere Lagenveränderungen eingeht (Knie- und Ellbogengelenk).

Das Verhalten der Gelenkkapseln zu den Knochen und Gelenkknorpeln ist genauer bezeichnet folgendes (Fig. 244). Die Gelenkkapsel setzt sich in den einen Fällen einfach an den Rand der überknorpelten Fläche an und geht von hier unmittelbar zum anderen Knochen über (*Patella*, Amphiarthrosen), in den anderen überzieht sie zuerst neben dem Rande des Knorpels auch einen grösseren oder geringeren Theil des Knochens selbst und wendet sich dann erst um, um mit dem zweiten Knochen so oder so sich zu verbinden. In beiden Fällen sitzt die Synovialhaut nicht unmittelbar an den Hartgebilden, sondern ist loser oder fester mit dem Perioste oder Perichondrium vereint und läuft schliesslich ohne scharfen Rand und untrennbar mit dem Perichondrium des Gelenkknorpels verbunden unweit des Randes des letzteren aus.

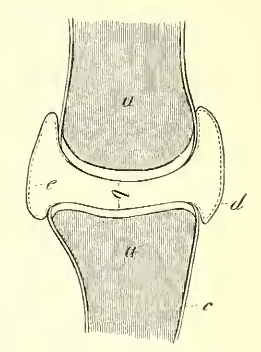


Fig. 244.

Bezüglich auf den feineren Bau der erwähnten Theile, so bestehen die Synovialmembranen, abgesehen von den sogenannten Faserkapseln, die ganz den Bau der fibrösen Bänder haben, 1. aus einer Bindegewebslage mit nicht sehr zahlreichen Gefässen und Nerven und 2. aus einem Endothelium. Letzteres besteht aus 1, 2 bis 4 Schichten pflasterförmiger, 11—17 μ grosser Zellen mit rundlichen Kernen von 4—7 μ, erstere zu innerst aus einer Lage gleichlaufender Bündel mit minder deutlichen Fibrillen und länglichen Bindegewebskörperchen oder feinen elastischen Fasern, weiter nach aussen aus sich durchkreuzenden Bündeln mit feinen elastischen Netzen, hie und da auch aus einem Netze von Bindegewebsbündeln von sehr verschiedener Stärke, mit umspinnenden elastischen Fasern, gerade wie in der *Arachnoidea*. Nicht selten finden sich gewöhnliche Fettzellen vereinzelt in den Maschen des Bindegewebes und hie und da, jedoch im Ganzen sehr selten, auch einzelne oder einige Knorpelzellen mit mässig dicken, dunklen Wänden und deutlichem Kern. Drüsen und Papillen besitzen die Synovialhäute keine, dagegen zeigen sie grössere Fettanhäufungen, *Plicae adiposae*, und gefässreiche Fortsätze, *Plicae vasculosae* (*Plicae synoviales, Ligamenta mucosa* der Autoren). Die ersteren, früher fälschlich *Havers*-ische Drüsen benannt, kommen vorzüglich im Hüft- und Kniegelenke vor, in Gestalt gelber oder gelbröthlicher, weicher Vorsprünge oder Falten, und bestehen einfach aus grossen Ansammlungen von Fettzellen in gefässreicheren

Fig. 244. Schematische Ansicht eines Fingergelenkes im Durchschnitte, zum Theil nach *Arnold*. *a* Knochen, *b* Gelenkknorpel, *c* Periost in das Perichondrium des Gelenkknorpels übergehend, *d* Synovialhaut am Rande des Knorpels verbunden mit dem Perichondrium beginnend, *e* Endothel derselben.

Theilen der Synovialhaut. Die letzteren finden sich in fast allen Gelenken und zeigen sich, vorausgesetzt dass die Gefässe gefüllt sind, als rothe, platte, am Rande gekerbte, gefaltete, mit kleinen Fortsätzen versehene Vorsprünge der Synovialhaut. Gewöhnlich sitzen diese Fortsätze nahe an der Ursprungsstelle der Synovialhaut vom Knorpel und legen sich flach auf denselben hin, so dass sie manchmal wie einen Kranz um denselben herum bilden, in anderen Fällen stehen sie mehr vereinzelt und auch an anderen Stellen der Gelenke. In ihrem Baue weichen sie vorzüglich durch ihren Gefässreichthum von den anderen Theilen der Synovialhäute ab, indem sie fast aus nichts als aus kleinen Arterien und Venen und zierlichen, am Rande der Fortsätze schlingenförmig verbundenen Kapillaren bestehen und hierdurch sehr an die

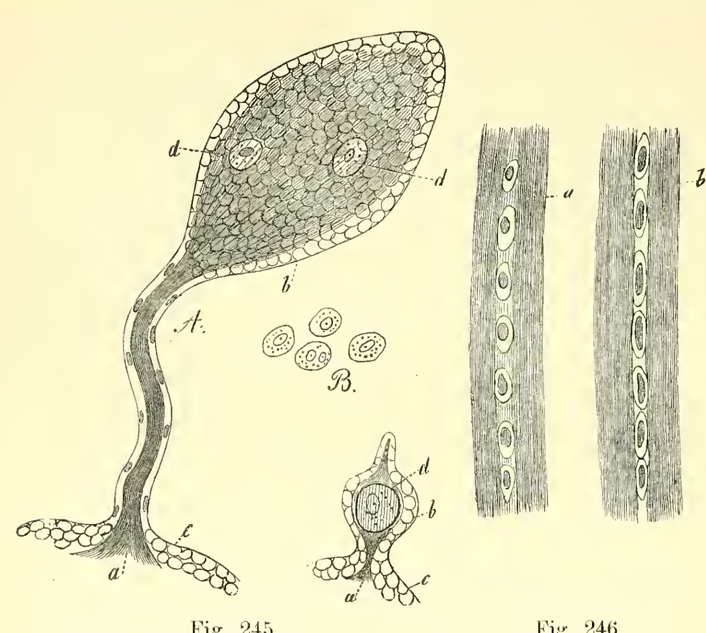


Fig. 245. Fig. 246.

Plexus chorioidei in den Gehirnhöhlen erinnern. Neben den Gefässen zeigen sie eine Grundlage von häufig undeutlich faserigem Bindegewebe, das gewöhnliche Endothel der Synovialhaut, hie und da einzelne oder zahlreichere Fettzellen und selten isolirte Knorpelzellen. An ihrem Rande tragen sie fast ohne Ausnahme blattartige, kegelförmige, membranartige kleine Fortsätze, die Synovialzotten (*Luschka*, *Henle*), von den abenteuerlichsten Formen (viele namentlich wie Kaktusstengel), welche selten noch Gefässe führen, meist nur aus einer Achse von undeutlich faserigem Bindegewebe, hie und da mit Knorpelzellen und einem stellenweise sehr dicken Endothel, manchmal die kleineren selbst nur aus Endothel oder nur aus Bindegewebe bestehen. In gewissen

Fig. 245. Von der Synovialhaut eines Fingergelenkes. *A* Zwei gefässlose Anhänge der Synovialfortsätze, 250 Mal vergr. *a* Bindegewebe in der Achse derselben. *b* Endothel (im Stiele des grösseren Fortsatzes nicht deutlich zellig) in dasjenige der freien Ränder des Fortsatzes *c* übergehend, *d* Knorpelzellen. *B* Vier Zellen aus dem Endothel der Synovialhaut des Knies, eine mit zwei Kernen, 350 Mal vergr.

Fig. 246. Aus dem *Lig. falciforme* des Kniegelenkes. *a* Ein Bindegewebsstreifen mit reihenweise gelagerten, länglich runden Zellen, ähnlich Knorpelzellen. *b* Ein solcher mit längeren Zellen und Kernen, die, wenn sie spindel- und sternförmig auswachsen, zu echten Bindegewebskörperchen werden.

Fällen enthalten die Synovialzotten mit Flüssigkeit gefüllte Höhlen (*Luschka*, *Henle*).

In manchen Gelenken finden sich feste, weissgelbe faserige Platten, sogenannte *Cartilagines s. Ligg. interarticularia*, welche von der Synovialkapsel aus zu zweien zwischen die betreffenden Knochen sich einschieben (Kniegelenk) oder eine einzige Scheidewand quer durch das Gelenk bilden (Kiefer-, Schlüsselbein-, Brustbein- und Handgelenk). Dieselben bestehen aus einem festen, meist in verschiedenen Richtungen sich kreuzenden Fasergewebe, welches ganz an das Bindegewebe sich anschliesst, jedoch minder deutlich Fibrillen zeigt, ausserdem aus Knorpelzellen und vielen netzförmig verbundenen Bindegewebskörperchen, mit feinen elastischen Fasern untermengt. Die Knorpelzellen sind in den oberflächlichsten Lagen mehr vereinzelt, in den tieferen Theilen reihenweise gelagert und kleiner und machen endlich Längszügen echter Bindegewebskörperchen Platz (Fig. 246). Einen Ueberzug der Synovialhaut besitzen die Zwischengelenkbänder, die dem Bemerkten zufolge zu den Faserknorpeln zu zählen sind, nicht, wohl aber sind sie an ihrem mit der Gelenkkapsel verbundenen Rande, jedoch nur auf eine ganz kleine Strecke, nie an ihrer gesammten Oberfläche, von dem Endothel der Gelenkhöhle überzogen. Die Gelenkbänder bestehen, mit Ausnahme des weicheren *Lig. teres*, aus demselben festen Bindegewebe, wie die Sehnen und sonstigen fibrösen Bänder, nur haben die innern Bänder (*Ligg. cruciata* etc.) eine weichere Bindegewebslage und ein Endothel als Ueberzug.

Innerhalb der Gelenkkapseln findet sich eine geringe Menge einer hellen, gelblichen, fadenziehenden Flüssigkeit, die Gelenkflüssigkeit, *Synovia*, welche in ihrer chemischen Zusammensetzung dem Schleime sehr ähnlich zu sein scheint, namentlich auch flüssigen Schleimstoff enthält. Mikroskopisch untersucht, bietet dieselbe unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht viel Bemerkenswerthes dar und besteht einfach aus einer durch Essigsäure sich trübenden Flüssigkeit, die sehr häufig einige, oft fettig umgewandelte Endothelzellen, Kerne von solchen und Fettkügelchen, und unter nicht ganz regelrechten Verhältnissen auch Blut- und Lymphkügelchen, losgelöste Theile der Synovialfortsätze, des Gelenkknorpels und eine gleichartige gallertige Substanz enthält.

Die gefässlosen Anhänge der Synovialfortsätze geben, indem sie sich vergrössern, fester werden und von ihrem Verbande mit den Gefässfortsätzen sich lösen, gewissen Formen der sogenannten Gelenkmäuse den Ursprung. Diese, die auch in Schleimbeuteln und Sehnenscheiden, die ebenfalls Gefässfortsätze besitzen, (s. unten), vorkommen, bestehen aus einem Ueberzug von Endothelium, Bindegewebe mit verlängerten Kernen und, jedoch nicht immer und in wechselnder Zahl, aus eingestreuten Fett- und wahren Knorpelzellen, und entwickeln sich nicht ausserhalb der Synovialhaut, sondern durch eine Wucherung dieser selbst. Uebrigens können ähnliche feste Körperchen wahrscheinlich auch noch auf andere Weise entstehen, *Bidder* (Zeitschr. f. rat. Medizin, Bd. 3. S. 99 ff.) und *Virchow* (Med. Zeit. 1846. Nr. 2 u. 3).

§ 91.

Gefässe der Knochen und ihrer Nebenorgane. *A.* Blutgefässe. An den grossen Röhrenknochen finden sich theils oberflächliche, theils direkt ins Mark dringende Gefässe, sogenannte *Vasa nutritia*. Die ersteren bilden besonders von den Ansatzlinien von Muskeln oder Fascien ausgehend

(*Linea aspera femoris*, *Membrana interossea cruris*, *Fascia profunda cruris*) mit Reifen (am Femur 6—7) und Längszügen ein lockeres, im *Perioste* gelegenes Netz, das mit den *Vasa nutritia* und den *Retia articularia* anastomosirt. Von diesen oberflächlichen Gefässen entspringen sowohl die *Vasa nutritia* der Apophysen, die durch ungemein viele grössere oder kleinere Oeffnungen in die *Substantia spongiosa* derselben eintreten, als auch eine grosse Zahl feiner und feinster Gefässchen, die in der ganzen Länge der Diaphysen durch die Mündungen der *Havers*ischen Kanälchen in die *Substantia compacta* dringen. In dieser verlieren dieselben ihre Muskelhaut sehr bald, verzweigen sich entsprechend dem Verlaufe dieser Kanäle in der Art, dass jeder Kanal meist ein feineres mehr arterielles und ein weiteres venöses Gefäss enthält, zu denen in weiteren Kanälen, die Markzellen enthalten, auch noch ein feines Netz dazu kommt, dessen Elemente als Kapillaren zu deuten sind, während die anderen Gefässe meist aus einer Bindegewebshülle und einem Endothel bestehen.

Die grossen *Vasa nutritia* erzeugen schon innerhalb ihrer Knochenkanäle durch kleine Zweige ein zartes Netz, das mit den benachbarten Gefässen der *Compacta* sich verbindet, sind übrigens wesentlich für das Mark bestimmt, in welches die Arterie auch mit ihrer *Muscularis* eingeht, um aufs feinste verästelt schliesslich mit Kapillaren von 9—11 μ zu enden. Ebenso verhalten sich die in die Gelenkenden eindringenden Ernährungsgefässe. Im Marke bilden sich überall aus den Kapillaren hervorgehende ungemein zartwandige Venennetze, die besonders an der Oberfläche des Markes schön entwickelt sind und findet der Blutabfluss durch die *Venae nutritiae* und zahlreiche Anastomosen mit den Gefässen der *Substantia compacta* statt, die ihrerseits wiederum in grösster Zahl mit den Venen der Beinhaut zusammenhängen. Nach *Langer* treten mit allen oberflächlich eindringenden Arterien auch Venen aus, die meist paarweise die Arterien begleiten und erst ausserhalb der Knochen Klappen erhalten. Somit tritt das Venenblut aus jedem langen Knochen an drei Stellen ab. 1. durch eine grössere Vene, welche die *Arteria nutritia* begleitet und dieselbe Verbreitung hat wie diese, 2. durch viele grosse und kleine Venen an den Gelenkenden, 3. endlich durch viele kleine Venen,. welche aus der festen Substanz der Diaphyse herauskommen, in der sie mit ihren Wurzeln, wie *Todd* und *Bowman* wohl richtig angegeben, die weiteren Räume und die *sinus*- oder taschenartigen Aushöhlungen einnehmen, die auch an Knochenschliffen sehr deutlich hervortreten. — Alle Knochengefässe, die Markgefässe der Apophysen und der Diaphysen, so wie die Gefässe der festen Substanz, verbinden sich mannigfach, so dass das Gefässystem durch den ganzen Knochen als ein zusammenhängendes sich darstellt und Blut möglicher Weise von allen Theilen in alle gelangen kann, wie denn auch *Bichat* (III, 44) an einer eingespritzten *Tibia*, deren *Arteriae nutritiae* verwachsen waren, die Markgefässe ganz gut gefüllt fand.

In den kurzen Knochen zeigen die Blutgefässe ungefähr dasselbe Verhalten, wie in den Apophysen der langen, indem die Arterien und Venen an vielen Orten der Oberfläche mit grösseren und kleineren Stämmchen, zum Theil wie an der hintern Fläche der Wirbelkörper mit sehr grossen Stämmen, den *Venae basi-vertebrales Breschet*, ein- und austreten, mit einem Kapillar-

netze das Mark versorgen und auch in die spärlichen *Havers*ischen Kanälchen dieser Knochen eingehen.

Die platten Knochen anlangend, so haben die *Scapula* und das *Os innominatum* bestimmte Ernährungslöcher für grössere Arterien und Venen und erhalten in der festen Substanz feinere Gefässe vom *Perioste* aus und in den schwammigen Theilen, wie in der Gegend der Gelenkgruben, viele, auch grössere Gefässe. In den platten Schädelknochen verlaufen, während die Arterien meist als feine Zweigelchen von beiden Flächen aus in die Rinde und die schwammige Substanz eintreten und wie gewöhnlich beschaffen sind, die sogenannten *Venae diploëticae* nur mit ihren Wurzeln wie in anderen Knochen frei im Marke, mit den Stämmen, Aesten und grösseren Zweigen dagegen ziehen dieselben für sich, meist ohne Betheiligung von Mark, in besonderen, baumförmig verzweigten grösseren Kanälen, den sogenannten *Breschet*'schen Knochenkanälen, die an bestimmten Stellen mit grösseren Oeffnungen (*Emissaria Santorini*) ausmünden und mit denen der harten Hirnhaut in mannigfacher Verbindung stehen, über welche Verhältnisse die Handbücher der gröberen Anatomie und die Mittheilungen von *Langer* nachzusehen sind. Die Weite und Menge der Venen in den platten Schädelknochen ist übrigens äusserst wechselnd und verwachsen dieselben namentlich im Alter mit der so häufigen Abnahme der Diploë immer mehr, weshalb auch die Venenkanäle und ihre Oeffnungen (*Emissaria*) von so wechselnder Stärke sind.

Die Gelenkknorpel und andere Knorpel des Knochensystems, auch die Faserknorpel enthalten beim Erwachsenen regelrecht durchaus keine Gefässe, mit Ausnahme des *Perichondrium*, das jedoch in dieser Beziehung dem *Perioste* bedeutend nachsteht, wohl aber können in einigen derselben, wie in den Rippenknorpeln im mittleren Alter und später Gefässe auftreten, in welchem Falle dann auch häufig theilweise Verknöcherung vorgefunden wird oder folgt. Arm an Gefässen sind die fibrösen Bänder und namentlich die elastischen und in dieser Beziehung mit den Sehnen auf eine Stufe zu stellen, wogegen die Synovialhäute durch bedeutende Zahl von Blutgefässen sich auszeichnen. Reich an solchen sind hier namentlich die schon oben erwähnten Synovialhautfortsätze, dann auch die Synovialhäute selbst, welche überall unmittelbar unter dem Epithel ein ziemlich enges Netz von 9—22 μ weiten Kanälen enthalten.

B. Lymphgefässe der Knochen, die bereits ältere Autoren erwähnen (siehe meine Mikr. Anat. II, 1, 336) beschreiben in neuerer Zeit besonders *Budge*, *Schwalbe* und *Rauber*. *Budge* injizirte beim Kalbe durch Einstich Lymphgefässe der Beinhaut, die sich überall eng an die Blutgefässe anschlossen, und von diesen aus auch Lymphbahnen der *Subst. compacta* um die Gefässe herum, die von einem dem Knochen anliegenden Endothel begrenzt waren und auch mit den Knochenhöhlen zusammenhingen, die *Budge* somit als die eigentlichen Lymphwurzeln ansieht (!?). Auch im Mark will *Budge* Lymphgefässe gesehen haben. *Schwalbe* dagegen fand beim Menschen, dass im *Periost* nur in den oberflächlichsten Lagen von Lymphgetässen die Rede sein kann. Von diesen aus liessen sich Spalträume in den tieferen Theilen der Beinhaut, zwischen dieser und der Knochenoberfläche, dann perivaskuläre Räume in der *Substantia compacta* und auch die Knochenzellen füllen. *Schwalbe* fand auch „perimyeläre" Räume z. Th. von Endothel bekleidet und konnte von

solchen aus auch die perivaskulären Räume der *Compacta* füllen. Auch in den platten Schädelknochen liessen sich solche Räume durch Injektion unter das *Pericranium* oder die *Dura* nachweisen. — *Rauber* wies in den *Havers*ischen Kanälchen der Gehörknöchelchen um die Blutgefässe Räume nach, die von zwei Endothelien, eines am Knochen und eines auf den Gefässen, begrenzt waren und erklärt dieselben für Lymphgefässe, da solche Räume bei gewissen Knochen von den benachbarten Lymphgefässen sich füllen liessen, was manchmal auch bei den Knochenhöhlen der Fall war (Arch. f. Ohrenheilk., Bd. 15). An *Schwalbe* mich anschliessend möchte ich alle diese Räume wohl als Saftbahnen aber nicht als Lymphgefässe bezeichnen. Die übrigen Theile des Knochensystems anlangend, so kann es sich nur darum handeln, ob die Gelenkkapseln Lymphgefässe besitzen. *Teichmann* (Saugadersystem S. 100) hat solche gesehen und liegen sie nach ihm nahe dem Endothel, sind verhältnissmässig gross, lassen sich jedoch nur schwer einspritzen.

§ 92.

Nerven des Knochensystems. Das Periost ist reich an Nerven, doch gehört der grössere Theil derselben nicht ihm selbst an, sondern den Knochen (siehe unten). Berücksichtigt man nur die eigentlichen Periostnerven, so zeigt sich, dass die Zahl derselben im Ganzen ziemlich spärlich ist, ja dass sie vielleicht an gewissen Stellen gänzlich fehlen, wie am Halse des Oberschenkels und unter gewissen Muskeln (*Glutaeus minimus, Musculi peronaei* z. B.): doch giebt es wohl keinen Knochen, an dem dieselben nicht an gewissen Stellen sich fänden. Diese Nerven liegen in derselben Schicht wie die Gefässe, bald längs der grösseren Stämmchen, bald für sich, stammen wenigstens einem Theile nach von den grösseren Nerven der Knochen selbst, und verbreiten sich, obschon ihre Verästelungen und Verbindungen spärlich sind, nachweisbar über grosse Strecken. In den Stämmchen messen die Primitivfasern meist 4,5—9,0 μ, erreichen jedoch nach und nach theils durch wirkliche Theilungen, die ich ganz ausgezeichnet im Perioste der *Fossa infraspinata* und *iliaca* des Menschen, *J. N. Czermak* auch am Stirnbeine des Hundes sah, theils durch allmähliche Abnahme, den Durchmesser von 2,6—3,5 μ und enden z. Th. scheinbar frei, in welcher Beziehung jedoch durch neue Untersuchungen erst festzustellen sein wird, ob nicht auch hier, wie an so vielen andern Orten blasse Endfasern oder besondere Endorgane vorkommen. An den Gelenkenden mancher Knochen, so am Ellbogen, Knie, den Knöcheln, sah ich die Nerven reicher als sonst, in dem gefässreichen Bindegewebe über dem eigentlichen Perioste vielfach sich verästelnd und verbindend und vorzüglich dem Laufe der Gefässe folgend, doch kamen mir Theilungen der Primitivfasern und Endigungen hier nicht zu Gesicht.

Die Knochennerven, die vielleicht mit Ausnahme der *Ossicula auditus* und *Ossa sesamoidea* überall vorkommen, verhalten sich nicht in allen Knochen vollkommen gleich. In den grösseren langen Knochen dringen dieselben einmal mit den Ernährungsgefässen als ein oder, wo zwei *Foramina nutritia* da sind, zwei ziemlich bedeutende (bis 350 μ messende), von blossem Auge sichtbare Stämmchen unmittelbar in die Markhöhle ein und verbreiten sich hier, dem Laufe der Gefässe folgend, jedoch nicht immer an denselben anliegend,

bis gegen die Apophysen zu im Marke, indem sie vielfach sich verästeln, jedoch, so viel ich wenigstens sah, nur wenige Verbindungen bilden. Zweitens besitzen alle diese Knochen auch in den Apophysen viele feinere Nerven, welche mit den hier so reichlichen Blutgefässen sofort in die schwammige Substanz sich begeben und im Marke sich verzweigen, und drittens endlich gehen selbst in die feste Substanz der Diaphysen mit den feinen, in dieselbe eindringenden Arterien ganz zarte Fädchen ein, die wohl unzweifelhaft hier sich verbreiten, obwohl es mir noch nicht gelungen ist, sie mitten in der festen Substanz drin aufzufinden. Wie die grösseren verhalten sich auch die kleineren Röhrenknochen der Hand und des Fusses, nur dass ihre zahlreichen Nerven wegen der hier unentwickelten Markhöhle nicht so regelmässig in Apophysen- und Diaphysennerven sich scheiden.

Von kurzen Knochen fand ich die Wirbel äusserst reich an Nerven, namentlich die Körper. Dieselben dringen sowohl von hinten im Begleit der hier liegenden Arterien und Venen (*Venae basivertebrales*), als auch vorn und seitlich mit den Gefässen ein und breiten sich im Marke der schwammigen Substanz aus. Auch im *Talus, Calcaneus, Os naviculare, cuboideum, cuneiforme I.* sah ich in den grösseren Knochen mehrere, in den kleineren wenigstens je Ein Nervenfädchen.

Im Schulterblatte und Hüftbeine sind die Nerven sehr zahlreich und zwar dringen dieselben vorzüglich an den oben bezeichneten Stellen mit den grösseren Gefässen theils in der Fläche, theils in der Gegend der Gelenkgruben ein. Auch im Brustbeine und in den platten Schädelknochen gelingt der Nachweis der Nerven nicht schwer. Bei letzteren sah ich schon bei Neugeborenen im *Os occipitis* und *parietale* Nerven durch die *Foramina emissaria*, die um diese Zeit auch eine Arterie enthalten, eindringen und bei Erwachsenen finden sich im Scheitelbeine, Stirnbeine, Hinterhauptsbeine, obschon spärlich, doch hie und da mikroskopische Fädchen an den kleinen Arterien, die von aussen in die feste Substanz eintreten, und wahrscheinlich bis in die *Diploë* eindringen.

Aus diesen Beobachtungen, zusammengehalten mit denen von *Kobelt*, *Beck*, *Engel*, *Luschka* u. a. geht nun wohl der bedeutende Reichthum der Knochen an Nerven unzweifelhaft hervor. Den Ursprung dieser Nerven anlangend, so sind dieselben schon von Früheren zu Kopf- und Rückenmarksnerven verfolgt, wie die Diaphysennerven des *Femur*, der *Tibia*, des *Humerus* zu den *NN cruralis, tibialis, ischiadicus* und *perforans Casseri*, ebenso ein Stirnbeinnerv zum *N. supraorbitalis*, was von mir für die Tibianerven und von *Luschka* für die gewisser Schädelknochen und der Wirbel bestätigt worden ist: doch betheiligt sich auch der *Sympathicus* an der Bildung derselben, wie *Luschka* an den Wirbelnerven und schon früher *Kobelt* fand. Die mikroskopische Untersuchung bestätigt dies, indem die Knochennerven in den Stämmen und Endigungen ganz an die sensiblen Aeste der Rückenmarksnerven erinnern und in den Stämmen $^1/_3$ Fasern von 11—13 μ, $^2/_3$ solche von 4—9 μ, in den stärkeren Aesten vorwiegend Fasern von 4—7 μ, aber auch noch solche bis 13 μ hinauf, in den feinsten Verzweigungen endlich nur Fasern von 2,5—3,5 μ enthalten. Auch die Beinhautnerven, die oft nachweisbar mit den Knochennerven zusammenhängen und zu den Extremitätennerven sich ver-

folgen lassen, stammen wohl vorwiegend aus den Rückenmarksnerven, jedoch soll auch bei ihnen eine Betheiligung des *Sympathicus* nicht in Abrede gestellt werden. Wie die Knochennerven enden, habe ich nicht gesehen, und kann ich nur soviel sagen, dass schliesslich von den Nerven im Marke feinste Aestchen aus etwas Neurilem und 1—2 feinen Fasern sich entwickeln, was jedoch aus diesen wird, blieb mir verborgen.

Die Bänder anlangend, so habe ich im *Ligamentum nuchae* des Ochsen einige feine, kleine Arterien begleitende Aestchen von 9 μ mit feinen Fasern von 2,6—3,3 μ gesehen und von *Rüdinger* (l. i. c.) sind auch in den fibrösen Bändern des Menschen Nerven nachgewiesen worden, die nach ihm in derselben Weise sich verhalten, wie in Sehnen. Die *Membrana interossea cruris* besitzt vom *Nervus interosseus* abstammende Fädchen, welche aus 1—3 Fasern von 6—9 μ gebildet, prächtige Verästelungen und scheinbar freie Endigungen der dunklen Primitivfasern darbieten. — Auch ein Nerv von 67 μ, der mit einer Arterie in den faserigen äusseren Theil der Symphyse hinein ging, mag hier erwähnt werden. — Von Knorpeln sah ich bisher nur beim Kalbe im Nasenscheidewandknorpel in den Knorpelkanälen neben Gefässen (Arterien) sehr deutliche feine Nervenstämmchen von 13—22 μ mit Fasern von 2,6 bis 3,5 μ Dicke. — In den Gelenkkapseln finden sich viele Nerven (*Pappenheim*, ich, *Rüdinger*), und zwar sowohl in den sogenannten fibrösen Kapseln und dem lockeren Bindegewebe ausserhalb der Synovialhäute, als auch vorzüglich in diesen selbst (*Rüdinger*). Beim Kniegelenke sah ich Nerven auch in den grossen Gefässfortsätzen, die neben Arterien Nerven von 15—18 μ mit feinen auch sich theilenden Fasern von 1,8—4,5 μ enthielten.

In Betreff des Vorkommens von Endkolben und *Pacini*'schen Körperchen an Nerven von Knochen und der Beinhaut, der *Membranae interosseae* und der Gelenkkapseln verweise ich auf die §§ 50 und 52.

§ 93.

Entwickelung der Knochen. Die Knochen zerfallen in Betreff ihrer Entwickelung in zwei Gruppen, in knorpelig vorgebildete (primäre Knochen) und in solche, die in einem weichen Blasteme von einem kleinen Anfange aus sich gestalten (sekundäre Knochen). Erstere sind schon mit ihren wesentlichen Theilen (Diaphysen und Apophysen, Körper, Bogen und Fortsätze u. s. w.) versehen, entstehen in ihrer Knorpelanlage wie andere Knorpel und wachsen auch wie diese mehr oder weniger fort. Dann verknöchern sie, indem ein Theil des Knorpels vollständig von Knochensubstanz verdrängt wird, so dass dessen Perichondrium zum Perioste wird und erreichen von diesem Zeitraume an ihre endliche Gestalt theils auf Kosten des mit ihnen fortwuchernden Knorpelrestes, der nach und nach durch neu auftretendes Knochengewebe ersetzt wird, theils durch weiches verknöcherndes Gewebe, das Schicht für Schicht an der Innenfläche des Periostes sich ablagert. Die zweite Gruppe von Knochen bildet sich aus einer ganz beschränkten weichen, nicht knorpeligen Anlage hervor und wächst auf Kosten derselben, die zuerst nur an ihren Rändern und bald auch an ihren Flächen sich immerfort neu entwickelt, weiter. Haben diese Knochen eine bestimmte Grösse erreicht, so

kann das Gewebe, aus dem sie bisher sich vergrössert, theilweise verknorpeln und dieser Knorpel in dasselbe Verhältniss zu ihnen treten, wie bei anderen Knochen, immer aber bleibt der grösste Theil ihrer Bildungsmasse weich und geht die Hauptmasse des Knochens, ohne jemals knorpelig gewesen zu sein, aus derselben hervor.

Mögen die Knochen so oder so sich entwickeln, so spielen bei ihrer Ausbildung nicht nur Appositionsvorgänge, sondern auch Resorptionserscheinungen eine Hauptrolle. Durch die ersteren wachsen die Knochen in die Länge, Breite und Dicke, durch die letzteren bilden sich im Innern derselben die so verschieden gestalteten Räume und entsteht die typische äussere Gestalt oder Modellirung derselben. Vermittler der Apposition sind das Knorpelwachsthum und Ablagerung von Bindegewebe und Bindegewebszellen (Knochenbildungszellen, Osteoblasten, *Gegenbaur*), während die Resorptionen durch die längst bekannten, aber früher als unwichtig angesehenen vielkernigen Riesenzellen (*Myeloplaxes, Robin*), die von mir sogenannten *Ostoklasten* (Knochenzertrümmerer) bewerkstelligt werden.

Ein sogenanntes interstitielles Knochenwachsthum, d. h. ein Wachsthum fertigen, wenn auch jungen Knochens durch Vorgänge in seinem Innern, wie z. B. durch Zunahme seiner Grundsubstanz, Vergrösserung oder Theilung der Knochenzellen, wie dasselbe in früheren Zeiten fast allgemein und jetzt noch von mehreren Forschern (*Wolff, Strelzoff, Gudden, Egger*) angenommen wird, ist weder durch das Mikroskop noch durch Experimente erwiesen, wie besonders die Arbeiten von *Ollier, Lieberkühn, Schwalbe, v. Ebner,* mir selbst, *Maas, Stieda, Steudener, Haab* u. v. A. lehren. — Eine andere Frage ist die, ob bei junger, in Bildung begriffener Knochensubstanz interstitielles Wachsthum sich finde, bei einem Gewebe, das mehr weniger weich und eben im Erhärten begriffen ist und möchte ich diese Frage zustimmend beantworten. Ich erschliesse ein solches Wachsthum daraus, dass an manchen Schädelknochen die mit spitzen Ausläufern wachsen, die eben erhärtenden Enden derselben oft dichter stehende Zellen und weniger Zwischensubstanz zeigen, als der etwas weiter entwickelte angrenzende Knochen. Ein solches interstitielles Wachsthum, das gleichzeitig mit mir auch *Strelzoff* beschreibt, würde jedoch für die Gesammtgestaltung der Knochen von keinem Belange sein und trotz seines Vorkommens der Satz zu Recht bestehen, dass diese nur durch regelrechtes Ineinandergreifen von Appositionen und Resorptionen zu Stande kommt.

§ 94.

Das ursprüngliche Knorpelskelet des menschlichen Körpers ist zwar weniger vollständig als das spätere knöcherne, allein immerhin ausgedehnt genug. Wir finden als Theile desselben 1. eine vollständige Wirbelsäule mit ebenso vielen knorpeligen Wirbeln als später knöcherne auftreten, mit knorpeligen Fortsätzen und mit Zwischenwirbelbändern, 2. knorpelige Rippen und ein knorpeliges, nicht gegliedertes Brustbein, 3. ganz knorpelige Extremitäten mit ebenso vielen und äusserlich ähnlich gestalteten Stücken als später Knochen da sind, mit einziger Ausnahme der Beckenknorpel, die eine einzige Masse ausmachen, 4. endlich einen unvollständigen knorpeligen Schädel. Dieses soge-

nannte Primordialcranium (meine Mikr. Anat. Tab. III, Fig. 1—3, Hannover, Primordialbrusken, Kopenhagen 1880 und *Decker*, Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 38) bildet ursprünglich eine zusammenhängende Knorpelmasse, entspricht grösstentheils dem Hinterhauptsbeine (mit Ausnahme der oberen Hälfte der Schuppe), dem Keilbeine (mit Ausnahme der *Lamina externa* des *Processus pterygoideus*), dem Zitzen- und Felsentheile des Schläfenbeines, dem Siebbeine, der unteren Muschel, den Gehörknöchelchen und dem Zungenbeine, enthält aber auch einige Knorpeltheile, die nie verknöchern und entweder zeitlebens in diesem Zustande verharren, wie die meisten Knorpel der Nase, die Knorpelansätze am Zungenbeine, oder später verschwinden, wie vor Allem der *Meckel*'sche Fortsatz, zwei Knorpellamellen unter den Nasenbeinen, ein Knorpelstreifen, der den Griffelfortsatz mit dem Zungenbeine verbindet und zwei andere, von denen der eine von dem äusseren Theile der *Ala parva* seitlich zur *Lamina cribrosa* geht, der andere von der knorpeligen *Pars mastoidea* und *petrosa* nach oben und vorn sich erstreckt, welche Parietalplatte auch mit der *Ala magna* sich verbindet. Mithin fehlen dem knorpeligen *Cranium* des Menschen vollständig das Schädeldach und die oberen Seitentheile, ferner fast Alles, was später von den Gesichtsknochen eingenommen wird, doch sind wenigstens am eigentlichen Schädel die nicht von Knorpel gebildeten Stellen durch eine faserige Haut verschlossen, die nichts anderes als eine Weiterentwickelung der ursprünglichen weichen Schädelkapsel ist, so dass mithin der Schädel um diese Zeit, wenn auch nur zum Theil knorpelig, doch ebenso vollständig ist wie früher und immer noch seiner anfänglichen weichen Anlage entspricht. Bei Säugethieren, wie z. B. beim Schweine, kommen viel vollständigere knorpelige Schädel vor (meine Mikr. Anat. Tab. III, Fig. 4 u. 5 und *Decker* l. c.).

Die Entwickelung der ersten Knorpelzellen anlangend, so ist es bei den Batrachiern leicht nachzuweisen, dass dieselben aus den ursprünglichen Bildungszellen hervorgehen (s. m. Mikr. Anat. II. 1. S. 349) und dasselbe gilt unzweifelhaft auch für den Menschen und die Säuger. Bei einem 8—9 Wochen alten menschlichen Embryo, dessen äussere Extremitäten sich eben hervorbildeten, war in denselben fast noch keine Spur von einem geformten Knorpel vorhanden, und die innersten Zellen der Extremitätenanlagen von den äusseren kaum zu unterscheiden. Dieselben waren 9—13 μ gross, kugelrund, mit graulichem, körnigem Inhalte und minder deutlichen Kernen von 7 μ und bildeten ohne nachweisbare Zwischensubstanz ein wenig festes Gewebe. Später wandeln sich die Zellen in schöne rundlich-vieleckige, immer noch dicht beisammenliegende Bläschen mit deutlichen Wandungen um, die, wie eine Vergleichung der spätern Zustände lehrt, nichts anderes als das sind, was man die Knorpelkapseln nennt. Zur Zeit, wo diese jungen Kapseln deutlich werden, ist aber noch keine Zwischensubstanz vorhanden, vielmehr entsteht dieselbe erst etwas später und zwar, wie deutlich zu sehen ist, nicht durch Verschmelzung der Kapseln, sondern zwischen denselben. Die weitere Entwickelung des Knorpels bis ans Ende des fötalen Lebens zeigt, abgesehen von der Verknöcherung, das Eigenthümliche, 1. dass die Zellen durch

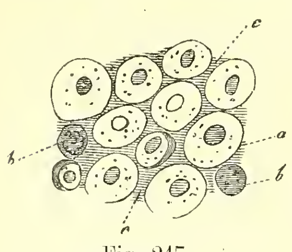


Fig. 247.

Fig. 247. Knorpelzellen aus dem *Humerus* eines 13 mm langen Schafembryo. *a* Zellen mit Kern und hellem Inhalte (zwei Zellen haben noch Reste des früheren dicken Protoplasma); *b* Zellen mit dichtem Inhalte ohne sichtbaren Kern; *c* Intercellularsubstanz.

endogene Zellenbildung stätig sich vermehren, 2. dass an gewissen Stellen auch eine Anlagerung neuer Zellen von aussen vom *Perichondrium* her vorkommt, (s. § 24), und 3. dass die Zwischensubstanz, die hier offenbar grösstentheils unabhängig von den Zellmembranen sich bildet, immer mehr zunimmt. Strasser's Schilderungen der ersten Knorpelentwickelung (l. i. c.) vermag ich nicht zu bestätigen.

Hier sei auch noch kurz der *Chorda dorsalis* oder der Rückensaite Erwähnung gethan. Dieselbe ist ganz entwickelt ein cylindrischer, vorn abgerundeter und hinten zugespitzter knorpelartiger Streifen, der bei ganz jungen Embryonen in der Gegend der spätern Wirbelkörper und des hinteren Abschnittes der Schädelbasis vom Kopfe bis zum hintern Leibesende sich erstreckt und eine ungegliederte festere Körperachse derselben bildet. Um diese *Chorda*, jedoch nicht in unmittelbarem Zusammenhange mit ihr, entstehen selbständig die knorpeligen Anlagen der Wirbelkörper und der Schädelbasis und die *Ligg. intervertebralia*, worauf dieselbe dann später in den Wirbeln schwindet. In einigen Gegenden, wie im Steissbeine, im Zahn des *Epistropheus* und in der Schädelbasis erhalten sich nach den wichtigen Erfahrungen von *H. Müller* zusammenhängende Chordareste länger, so dass sie selbst nach der Geburt noch zu treffen sind, und nach *Müller* am letztgenannten Orte selbst zur Entstehung besonderer Geschwülste (der sog. Gallertgeschwülste am *Clivus*) Veranlassung zu geben scheinen (Zeitschrift f. rat. Med. III. R. II). Dasselbe gilt nach meinen Erfahrungen von den *Ligg. intervertebralia*, deren Gallertkerne einem guten Theile nach aus den gewucherten Chordaresten bestehen (s. oben § 88.)

§ 95.

Metamorphosen des ursprünglichen Knorpelskeletts im Allgemeinen. Von den ursprünglichen Knorpeln entwickelt sich ein Theil mit dem übrigen Skelette weiter und gestaltet sich zu den bleibenden Knorpeln der Nase, der Gelenke, Symphysen und Synchondrosen, ein zweiter geht im Laufe der Entwickelung vollständig unter (gewisse Schädelknorpel, siehe § 94), der dritte grösste endlich ossifizirt und bildet alle Knochen des Rumpfes und der Extremitäten und einen guten Theil derjenigen des Schädels. Alle diese Knochen verknöchern wesentlich auf dieselbe Weise. An einer oder mehreren Stellen der knorpeligen Anlagen derselben, den *Puncta ossificationis*, fangen die Knorpelzellen an zu wuchern und bilden ein grosszelliges Gewebe. Weiter beginnt eine Ablagerung von Kalksalzen zwischen die Knorpelzellen, so dass nach und nach der Knorpel in einen eigenthümlichen verkalkten Zustand übergeführt wird. Hierauf dringen vom Perichondrium (*Perioste*) aus sich entwickelnde, gefäss- und zellenreiche Fortsätze, die sogenannten „periostalen Zapfen“ in den Ossifikationspunkt hinein und bringen denselben zum Einschmelzen, indem sie dessen Elemente, die Knorpelzellen und die Zwischensubstanz zerstören. Die so entstandenen Räume, welche primitive Markräume heissen können, sind von den stetig fortwuchernden periostalen Zapfen erfüllt, welche nun das junge Mark darstellen und nach und nach aus ihren Zellen junge echte Knochensubstanz auf die Reste des verkalkten Knorpels ablagern. Bei den langen Knochen schreiten diese Vorgänge, Verkalkung des Knorpels, Einschmelzen desselben, Ablagerung echten Knochengewebes auf die Reste des Knorpels, nachdem in der Gegend des ersten Ossifikationspunktes der Knorpel vollständig durch echten Knochen verdrängt wurde, nur nach zwei Seiten fort, so jedoch, dass der Knorpel ebenfalls mit fortwächst, bis der Knochen seine typische Länge erreicht hat. Gleichzeitig treten aber auch Knochenbildungen vom Perioste aus dazu und bilden um das aus der knorpeligen

Anlage entstehende mehr schwammige Knochengewebe eine feste Röhre, die gleichzeitig mit dem primitiven Knorpel immer mehr sich verlängert und denselben und den aus ihm hervorgehenden sogen. enchondralen Knochen stets umschliesst.

Wachsen Knochen nach allen Richtungen, so sind die Vorgänge anfangs auf den Knorpel beschränkt und erhalten sich die aus demselben hervorgegangenen Knochenkerne lange Zeit hindurch in der Mitte desselben (kurze Knochen, Epiphysenkerne), bis am Ende, wenn diese Ossifikationen bereits eine ansehnliche Grösse erlangt haben, auch die letzte oberflächliche Knorpelsubstanz verdrängt wird und von nun an allein periostale Ablagerungen die Vergrösserung dieser Knochen bewirken. Doch können gewisse dieser Knochen, wie die Epiphysen lehren, immer noch nach Einer Richtung unter Mitbetheiligung von Knorpel fortwachsen, in späteren Zeiten wie Röhrenknochen sich verhalten und im Umfange durch Periostablagerungen sich verdicken, während sie an den Enden durch Knorpelwachsthum sich verlängern.

§ 96.

Veränderungen im ossifizirenden Knorpel im Einzelnen. Der lebhafte Bildungsvorgang in den Knorpelzellen zur Zeit der Verknöcherung eines Knorpels beruht darauf, dass dieselben, die bisher klein und mit wenig Tochterzellen erfüllt waren, zu wachsen beginnen und eine Brut von Zellen nach der andern aus sich erzeugen, und dasselbe zeigt sich auch an den Verknöcherungsrändern schon angelegter Knochen, an denen unmittelbar am Knochen grössere und je weiter weg um so kleinere Zellen sich finden. Alle in der Einleitung zur Verknöcherung begriffenen Zellen besitzen eine nur wenig dicke Knorpelkapsel und einen Protoblasten von mehr klarer, seltener leicht körniger Beschaffenheit, mit einem schönen, bläschenartigen, runden Kerne mit *Nucleolus*, verändern sich jedoch bei Zusatz von Wasser, Essigsäure, Alkohol, durch Eintrocknen u. s. w. sehr rasch, so dass der *Protoblast* um seinen Kern sich zusammenzieht und ein rundliches oder längliches, zackiges, selbst sternförmiges, körniges, dunkles Körperchen (Knorpelkörperchen der Autoren) bildet. Ihre Grösse und Stellung wechselt nach Alter und Ort nicht unbedeutend. Erstere anlangend, so zeigt sich während des Embryonallebens eine allmähliche Zunahme derselben, während nach der Geburt die Grösse der Zellen so ziemlich die gleiche zu bleiben scheint, und in Bezug auf letztere gilt es als Gesetz, dass wo Knorpel nur nach einer Richtung verknöchert, die Zellen am Knochenrande reihenförmig angeordnet sind. Am ausgezeichnetsten ist dies, wie längst bekannt, an den Diaphysenenden der grösseren Röhrenknochen (Fig. 248, 249), wo die Reihen sehr zierlich und regelmässig parallel neben einander liegen und eine beträchtliche Länge besitzen, ebenfalls deutlich an allen übrigen langen Knochen und auch an manchen anderen, sobald ihr Knorpel nur nach einer Seite verknöchert, wie an den Verbindungsflächen der Wirbel. Wo dagegen die Knochenkerne inmitten eines Knorpels nach allen Seiten sich vergrössern, sind die Knorpelzellen in rundliche oder länglich-runde, unregelmässig durcheinanderliegende Häufchen angeordnet, wie in den kurzen Knochen bei ihrer ersten Bildung und in den Epiphysen. Eine genaue Vergleichung der den

Verknöcherungsrändern näheren und entfernteren Zellen und der einzelnen Haufen derselben lehrt, dass ihre eigenthümliche Lagerung mit der Art und Weise ihrer Vermehrung in bestimmtem Zusammenhange steht. Jeder einzelne Haufen (oder auch zwei derselben) nämlich entspricht gewissermassen Einer

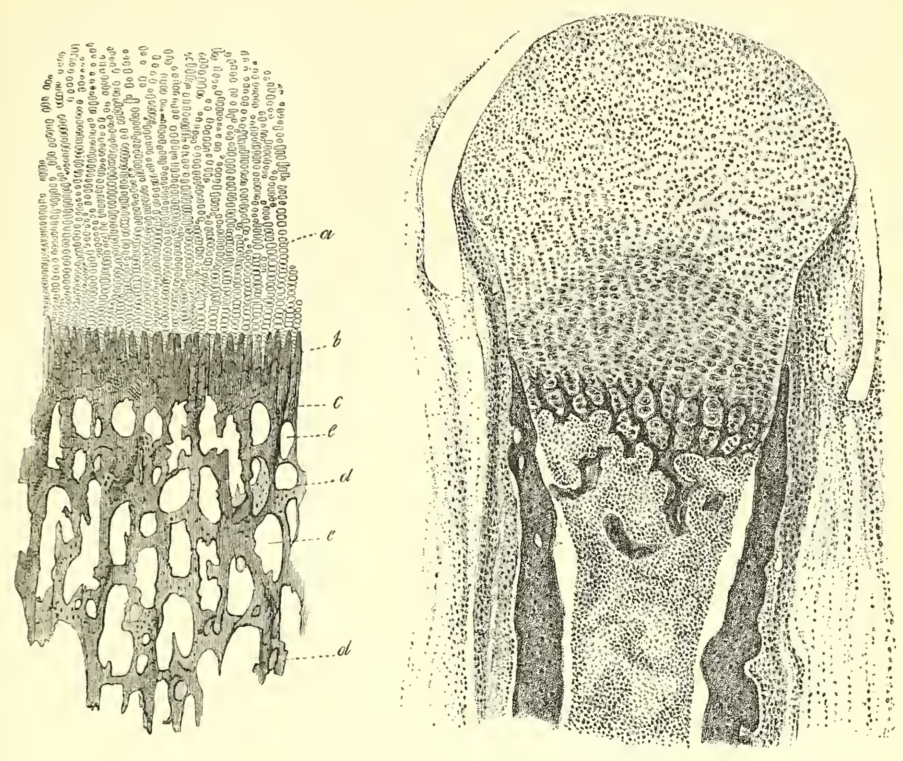


Fig. 248. Fig. 249.

einzigen ursprünglichen Zelle und stellt die Abkömmlinge dar, welche im Laufe der Entwickelung aus derselben hervorgegangen sind. In den einen Fällen nun legen sich alle diese neugebildeten Zellen in eine oder zwei Reihen hintereinan-

Fig. 248. Senkrechter Schnitt aus dem Verknöcherungsrande der Diaphyse des *Femur* eines 2 Wochen alten Kindes, 20 Mal vergr. *a* Knorpel, dessen Zellen, je näher dem Verknöcherungsrande, in um so grösseren Längsreihen beisammenstehen. *b* Verknöcherungsrand; die dunklen Streifen bedeuten die in der Intercellularsubstanz voranschreitende Verknöcherung, die helleren Linien die später vergehenden Knorpelzellen. *c* Dichte Knochenlage nahe am Verknöcherungsrande. *d* Durch Aufsaugung gebildeter Knochensubstanz entstandene *Substantia spongiosa* mit Markräumen *e*, deren Inhalt nicht gezeichnet ist.

Fig. 249. Senkrechter Durchschnitt durch die eine Hälfte einer Phalanx II des Fingers eines menschlichen Embryo von 6 Monaten. Im Epiphysenknorpel die wuchernden Knorpelzellen, darunter Knorpelverkalkung und die junge enchondrale Knochensubstanz mit der Markhöhle. Die periostale Rinde ragt zugeschärft bis in den Bereich des Epiphysenknorpels und die Beinhaut endet in einer ringförmigen Einschnürung des Knorpels (Encoche d'ossification von *Ranvier*), wo sie ohne scharfe Grenze in den Knorpel übergeht.

der und dann entstehen, wenn dieselben noch mehr wachsen, die oben erwähnten Reihen, in den anderen dagegen bilden sie mehr kugelförmige Massen. Die ursprünglichen Zellen (ersten Mutterkapseln) gehen bei diesen Vorgängen durch Verschmelzung ihrer Zellenmembranen mit der Knorpelgrundsubstanz bald als besondere Gebilde unter, bald nicht, und dasselbe gilt auch von denen der späteren Geschlechter. Bei den rundlichen Zellenhaufen ist, da sie kleiner sind, gewöhnlich letzteres der Fall und erkennt man meist um dieselben herum noch einen Umriss, der nichts anderes als die ausgedehnte Wand der ersten Zelle ist, wogegen bei den Zellenreihen die Wände der ursprünglichen Zellen meist bis zum Unkenntlichen mit der Intercellularsubstanz verbunden sind. — Die gesammte Lage, welche die eben beschriebenen vergrösserten und in lebhafter Vermehrung begriffenen Zellen einschliesst, hat in den verschiedenen Knorpeln eine verschiedene Dicke, eine geringe um die Kerne der Epiphysen und kurzen Knochen herum, 1/2—1 mm an den Diaphysen. Ueberall zeichnet sie sich durch ihre gelblich durchscheinende Farbe und ihre streifige, scheinbar faserige Grundsubstanz (B r a n d t sah diese auch homogen) von den übrigen wie gewöhnlich bläulich weissen, mit gleichartiger oder feinkörniger Zwischensubstanz versehenen Knorpeltheilen aus.

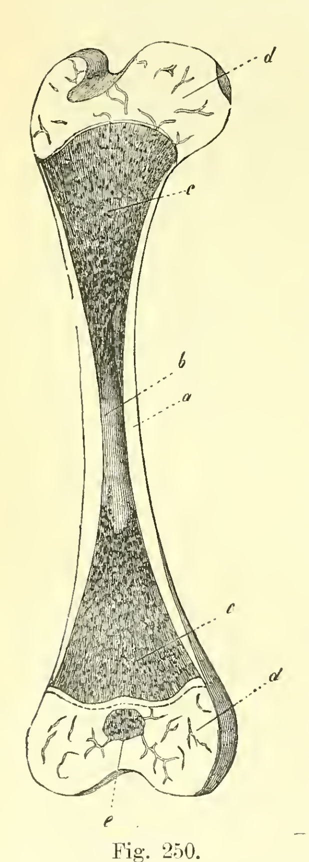


Fig. 250.

Eine bemerkenswerthe Erscheinung sind die in verknöchernden Knorpeln auftretenden G e f ä s s e (Fig. 250), die von der Mitte des Fötallebens an in vielen derselben, bei einzelnen, wie z. B. den Wirbeln, auch schon früher sich finden, kürzere oder längere Zeit den später auftretenden Knochenkernen vorangehen und ihr Wachsthum begleiten und selbst bei einem 16 jährigen Individuum in den Gelenkknorpeln der Epiphysen der langen Röhrenknochen von mir beobachtet wurden, wo sie vom Knochen aus in grosser Zahl senkrecht in den Knorpel eindrangen, sich verästelten und etwas unter der freien Fläche desselben endeten. Die Knorpelgefässe liegen ohne Ausnahme in weiten, schon beim 5 monatlichen Fötus 40—90 μ messenden, im Knorpel ausgegrabenen und von länglichen schmalen Knorpelzellen begrenzten Kanälen, den G e f ä s s k a n ä l e n d e r K n o r p e l oder K n o r p e l k a n ä l e n, welche vom Perichondrium aus und, wenn schon ein gefässreicher Knochenkern da ist (Diaphysen), auch, obschon in früheren Zeiten wenigstens in geringerer Zahl, von dem Verknöcherungsrande desselben aus in den Knorpel eindringen, in verschiedenen geraden Richtungen unter Abgabe einiger Aeste denselben durchziehen und allem Anscheine nach, ohne

Fig. 250. Oberschenkel eines zwei Wochen alten Kindes, natürliche Grösse. *a Substantia compacta* der Diaphyse; *b* Markhöhle; *c Substantia spongiosa* der Diaphyse; *d* knorpelige Epiphysen mit Gefässkanälchen; *e* Knochenkern in der unteren Epiphyse.

Verbindungen unter einander einzugehen, blind und meist kolbig angeschwollen enden. Diese Kanäle entstehen (s. *Kölliker* in Würzb. Verh. IV 1873 S. 39) unter Verdrängung der Elemente des Knorpels durch Einwucherungen vom Perichondrium oder dem Knochenmarke aus, enthalten von vorne herein Blutgefässe und zellige Elemente (Bindesubstanzzellen) und entwickeln später, ähnlich wie die Markräume der Knochen selbst, eine aus mehr oder weniger entwickeltem Bindegewebe und später auch aus elastischen Fäserchen gebildete Wand. Die Gefässe selbst anlangend, so finde ich bald nur ein grösseres Gefäss (oft ganz deutliche Arterien mit muskulösen Wänden), bald zwei solche, bald Kapillaren in verschiedener Zahl in einem Kanale, bin jedoch nicht im Stande zu sagen, wie der Kreislauf in diesen Gefässen sich macht. Es müssen entweder Verbindungen der Gefässe verschiedener Kanäle sich finden, oder, wenn die letzteren wirklich geschlossen sind, in einem und demselben Kanale doch wohl Arterien und Venen vorhanden sein. — Die Bedeutung dieser Knorpelgefässe ist eine doppelte, vor Allem die, den Knorpeln die zu ihrem Wachsthume und ihrer Weiterentwickelung nöthigen Stoffe zuzuführen und zweitens auch die Verknöcherung zu fördern. Das Erste ist sehr augenfällig bei den dicken Epiphysenknorpeln, die so lange fortwachsen, bevor sie verknöchern und auch später in der Vergrösserung nicht stille stehen und das Letztere vielleicht vorzüglich bei den kurzen Knochen verwirklicht, die erst unmittelbar vor der Verknöcherung Gefässe erhalten.

§ 97.

Umbildung des Knorpels in Knochen. Endochondrale oder enchondrale Ossifikation. Die erste Umwandlung, die an den Ossifikationspunkten des Knorpels auftritt, ist seine Verkalkung durch körnige Niederschläge von Kalksalzen, sogenannte Kalkkrümel, welche in die Grundsubstanz und die Knorpelkapseln sich ablagern, während die Zellen anfänglich noch unverändert bleiben. In den kurzen Knochen und den Epiphysen bildet sich so ein mittlerer Kalkpunkt, während in den Diaphysen der langen Knochen in gewissen Fällen zuerst die Oberfläche des Knorpels ringsherum und erst etwas nachher auch das Innere verkalkt. Sind so die ersten Ossifikationspunkte angelegt, so dehnt sich dann die Verkalkung des Knorpels bald, wie an den erstgenannten Orten, nach allen Seiten, oder, wie an den Diaphysen, nur nach zwei Seiten weiter aus und gesellen sich eine Reihe weiterer Veränderungen dazu, welche nun der Reihe nach im Einzelnen zu besprechen sind.

Die Ablagerung von Kalksalzen in die Knorpelsubstanz macht sich immer in der Form der sog. Kalkkrümel. Diese sind rundlich-eckig von Gestalt, weiss bei auffallendem, dunkel bei durchfallendem Lichte, unter CO_2- Entwickelung leicht löslich in Säuren, und in verschiedenen Knochen verschieden gross, vom unmessbar Feinen bis zu 2 μ, selbst 4 μ; doch scheint ihre Grösse nicht gerade nach Zeit und Ort sich zu richten, obschon sie allerdings häufig gleichmässig hier feiner, dort gröber auftreten, eher noch nach etwa vorkommenden Wechseln in der Zufuhr von Nährstoffen zum Verknöcherungspunkte. Verfolgt man auf mikroskopischen Schnitten die Krümel vom Verknöcherungsrande aus in den Knochen hinein, so zeigt sich, dass die Knorpelgrundsubstanz noch auf eine grosse Strecke, obschon mit abnehmender Deutlichkeit, das körnige

und dunkle Ansehen des Randes selbst darbietet, dann aber allmählich immer heller und durchsichtiger wird und endlich ein ziemlich gleichförmiges Ansehen annimmt. Allem Anscheine nach verschmelzen die ursprünglichen Krümel nach und nach mit einander, bringen so, statt wie früher nur einzelne Theilchen, das ganze Gewebe der Grundsubstanz des Knorpels zur Verkalkung und verschwinden hiermit als besonders zu unterscheidende Theile.

Die Bildung der Knochenhöhlen anlangend, so glaubte ich früher durch Auffindung eines ausgezeichneten Objektes für die Beobachtung derselben, nämlich der rachitischen Knochen, die Sache in den wesentlichsten Punkten in's Reine gebracht und ihre Entwickelung aus den Knorpelkapseln nachgewiesen zu haben, es ergaben dann aber die Untersuchungen von *H. Müller*, dass bei der gewöhnlichen Ossifikation aus Knorpel die Knorpelzellen nirgends in sternförmige Höhlen übergehen, wie dies schon *Bruch*, freilich auf eine ziemlich unsichere Grundlage fussend, behauptet hatte, und verliert hierdurch meine Beobachtung bei Rachitis wesentlich an Werth.

Bei gesunden Knochen geht nach den Untersuchungen von *H. Müller* die Verknöcherung in folgender Weise vor sich. In erster Linie verkalkt, wie schon angegeben, die Grundsubstanz des Knorpels und auch die Knorpelkapseln; dann wuchert das Perichondrium (das spätere Periost) mit gefässhaltigen Fortsätzen oder Zapfen in den verkalkten Knorpelpunkt hinein und zerstört denselben nach und nach, so dass die Knorpelkapseln in einander sich öffnen, ihre *Protoblasten* vergehen und auch die Zwischensubstanz des Knorpels z. Th. mit zerfällt. So entstehen anfangs kleinere und dann nach und nach immer grössere buchtige Höhlungen, die ersten Markräume und an den Wandungen dieser Räume lagert sich dann aus zelligen Elementen die mit den periostalen Zapfen eingedrungen sind, die erste echte Knochensubstanz ab.

Verfolgen wir diese Vorgänge im Einzelnen genauer, so ist von der Verkalkung der Grundsubstanz des Knorpels das Nöthigste schon angegeben. Die Entstehung der ersten Markräume anlangend, so bilden sich dieselben sowohl durch Einschmelzen der verkalkten Knorpelkapseln als auch durch Auflösung der Zwischensubstanz zwischen den Haufen oder Reihen derselben. Das Einschmelzen der Kapseln und ihre Verbindung zu grösseren Räumen ist an den Diaphysenenden wachsender Knochen äusserst leicht zu beobachten, und entstehen durch dieselbe die in vielen Abbildungen wiedergegebenen längeren schmalen Höhlungen mit buchtigen Wänden (Fig. 251, 252), welche den schon früher geschilderten Reihen von Knorpelkapseln entsprechen. Aber auch bei Epiphysenkernen und kurzen Knochen überzeugt man sich von diesem Einschmelzungsvorgange leicht, nur dass hier wegen der anders gestalteten Haufen von Knorpelkapseln von vornherein mehr rundliche Höhlungen auftreten. In der Mehrzahl der Fälle nun ist dieses Einschmelzen der zusammengehörigen Knorpelkapseln der erste Vorgang bei der Bildung der Markräume, bald jedoch und oft auch gleichzeitig damit beginnen auch benachbarte solche Höhlungen sich zu vereinen und so entsteht dann schliesslich das bekannte eigenthümlich durchbrochene spongiöse Gewebe, mit bald mehr länglichen, bald mehr rundlichen Maschen, das überall in einer gewissen Entfernung vom Verkalkungsrande des Knorpels zu sehen ist (Fig. 253). Bei allen diesen Einschmelzungsvorgängen spielen, sowie die Vorgänge nur etwas weiter vorgeschritten sind, aus

den periostalen Markzellen hervorgegangene vielkernige Zellen, meine *Ostoklasten*, die Hauptrolle, wie unten noch des Weiteren besprochen werden soll.

Noch kann bemerkt werden, dass in vielen Knochen gewisse Markräume unmittelbar aus Knorpelkanälen sich hervorbilden, da ein

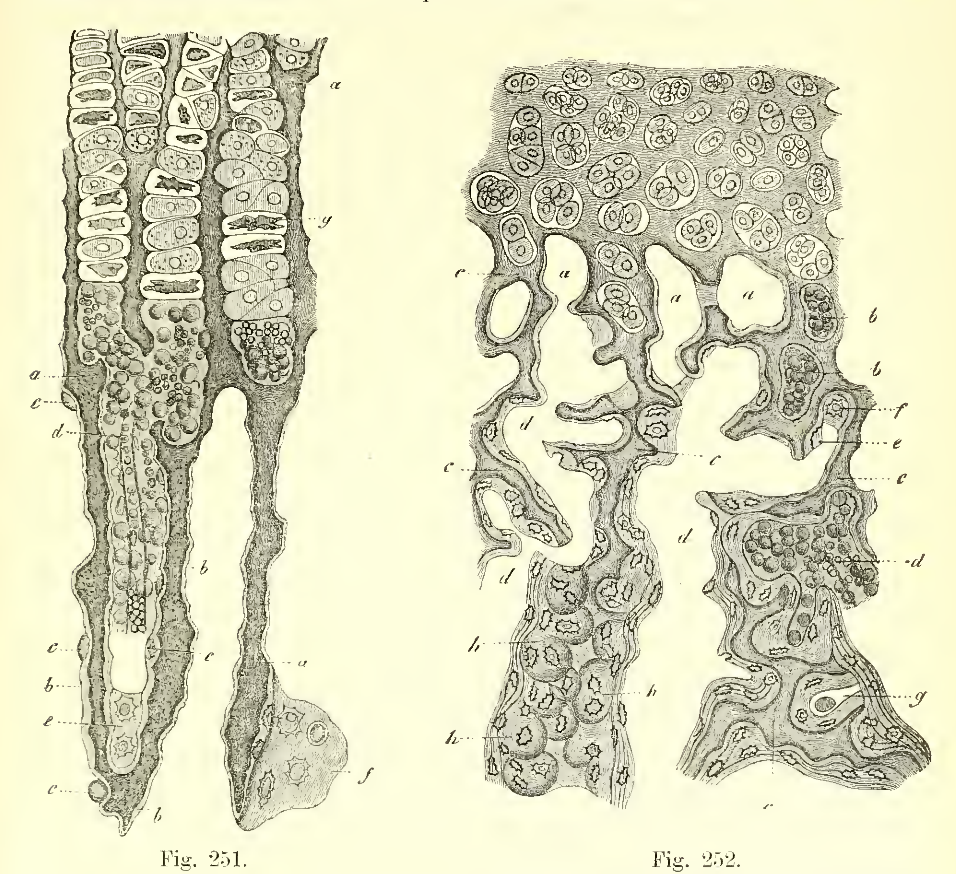


Fig. 251. Fig. 252.

Theil der letzteren am Ossifikationsrande unmittelbar mit den Räumen im Knochen in Verbindung steht.

Fig. 251. Längsschnitt durch den Ossifikationsrand der Diaphyse des *Metatarsus* eines 64,8 cm langen Rindsembryo. *a* Knorpelgrundsubstanz, *b* echte Knochensubstanz, c Markzellen im Uebergang in Knochenzellen, *d* gefässhaltiges Mark; *e* zwei Knochenzellen von der Fläche in einer ganz dünnen Lage echten Knochens, *f* ein eben solches grösseres Stückchen, *g* geschrumpfte Protoblasten der Knorpelkapseln. Nach *H. Müller*.

Fig. 252. Längsschnitt durch den Ossifikationsrand einer Phalanxepiphyse vom Kalbe, *a* Kleine Markräume, *b* ebensolche mit Markzellen, deren Verbindungsstellen mit den anderen nicht sichtbar sind, *c* verkalkte Grundsubstanz des Knorpels, *d* grössere Markräume, einer mit den Markzellen und dem Blutgefässe, die anderen absichtlich leer gezeichnet, *e* Markzelle in der Umwandlung in eine Knochenzelle, *f* geöffnete Knorpelkapsel mit einer scheinbar sie ganz erfüllenden Knochenzelle, die nur an ihrer einen Wand liegt, *g* theilweise ausgefüllte Knorpelkapseln, *h* mit Knochenzellen ausgefüllte Reste von Knorpelkapseln von anderer Knochensubstanz umlagert. Chromsäurepräparat 350 Mal vergr. nach *Müller*.

Die Markräume enthalten bei ihrer Entstehung ein weiches röthliches Gewebe, das fötale Mark oder Bildungsmark. Dasselbe besteht anfänglich aus nichts als aus Blutgefässen und vielen rundlichen Zellen, mit einem oder zwei Kernen und leicht körnigem Inhalte, von denen jetzt mit Bestimmtheit nachgewiesen ist, dass dieselben nicht Abkömmlinge der Knorpelzellen sind, wie man früher fast allgemein annahm, sondern die Bedeutung von Bindesubstanzzellen haben, die mit den periostalen Wucherungen in die Ossifikationspunkte, d. h. den verkalkten Knorpel einwachsen. Mit der Zeit entwickeln sich diese Zellen vor Allem zu den Bildungszellen der wahren Knochensubstanz, welche letztere sehr früh an die Wände der Markräume oder mit andern Worten an das aus den Resten des verkalkten Knorpels hervorgegangene Balkenwerk sich anlegt. Die Bildung derselben geht nach *H. Müller's* Darstellungen, denen ich mich vollständig anschliesse, gerade so vor sich, wie in den Markräumen der aus Bindegewebe entstehenden Knochentheile, indem die osteogenen Zellen oder die *Osteoblasten* (*Gegenbaur*), zu den sternförmigen Knochenzellen auswachsen und gleichzeitig hiermit eine verkalkende gleichartige Zwischensubstanz zwischen denselben auftritt. Ausserdem ist noch das hervorzuheben, dass allem Anscheine nach unter regelrechten Verhältnissen beim Menschen, mit Ausnahme des Schlüsselbeines (siehe die Anmerkung), keine Knorpelkapsel zu einer wirklichen Knochenkapsel mit einer eingeschlossenen sternförmigen Zelle sich entwickelt. Die weiteren Schicksale dieser als Auflagerung auf die Reste des verkalkten Knorpels, wie es die Figg. 252 und 253 zeigen, entstandenen echten Knochensubstanz anlangend, so sind dieselben verschieden. An den Diaphysenenden langer Knochen hat dieselbe, so lange der Knochen wächst, nur vorübergehenden Bestand und wird, sammt den Resten des verkalkten Knorpels, nach und nach zur Bildung der grossen Markhöhle verzehrt, bei welchem Vorgange die oben erwähnten *Ostoklasten* die Hauptrolle spielen. Anders bei den kurzen Knochen und den

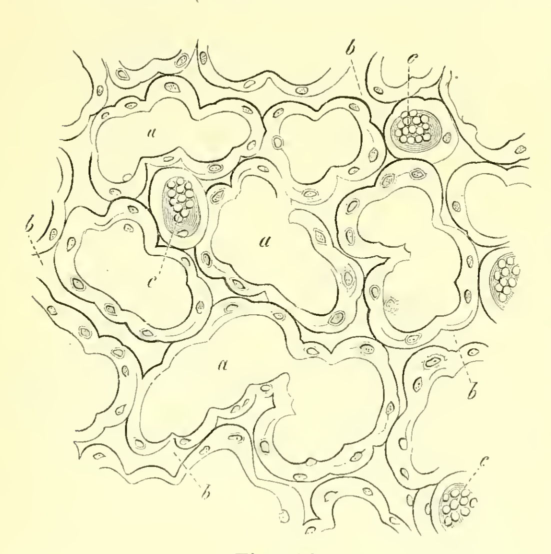


Fig. 253.

Fig. 253. Querschnitt durch die junge Knochensubstanz hinter dem Ossifikationsrande der Diaphyse der *Tibia* eines älteren Kalbsembryo. Ausgepinseltes Salzsäure-Chromsäurepräparat. 250 Mal vergr. *a* Markräume, aus denen die sie ganz erfüllenden Markzellen und Gefässe entfernt sind; *b* Reste der verkalkten Knorpelgrundsubstanz; *c* Markräume mit Markzellen. Alles Uebrige ist neu aufgelagerte echte Knochensubstanz mit sich entwickelnden Knochenzellen, von denen einige noch nicht ganz in die verkalkende Zwischensubstanz eingeschlossen sind.

Epiphysenkernen, bei denen immer ein bedeutender Theil der ursprünglichen Ablagerungen sich erhält, auch wenn später, wie z. B. im Innern der Wirbel, grössere Markräume auftreten. Die Reste der verkalkten Knorpelgrundsubstanz, die, wie die Figg. 252 und 253 lehren, wie zackige gebogene Züge oder inselartige sternförmige Gebilde im Innern der jungen Knochenbalken bilden, scheinen in diesem Falle sich lange zu erhalten, wie man dies z. B. hübsch an den Gehörknöchelchen zu beobachten Gelegenheit hat (s. Fig. 5 bei *H. Müller*).

Die Zellen des Bildungsmarkes, welche nicht zur Entwickelung der echten Knochensubstanz dienen, werden für den Aufbau der Bestandtheile des reifen Markes, die Markzellen, Bindesubstanzzellen und Fettzellen verwendet. Die Fettzellen kommen zur Zeit der Geburt nur spärlich vor, vielmehr ist das Mark, wenigstens beim Menschen um diese Zeit noch ganz roth von Blut und den leicht röthlich gefärbten und in Blutzellen sich umbildenden Markzellen. Nach der Geburt mehren sich dieselben nach und nach, bis endlich das Mark in Folge ihrer ungemeinen Zunahme und des Schwindens der Markzellen, die schliesslich mit Ausnahme bestimmter Knochen (s. § 88) alle oder fast alle in die Elemente des bleibenden Markes aufgehen, seine spätere Farbe und Festigkeit annimmt. Bindesubstanzzellen treten sehr früh im Marke auf und bestehen aus sternförmigen anastomosirenden Zellen, die die Blutgefässe umgeben und ein Gerüst für die übrigen Elemente des Markes bilden.

In Betreff der Bildung der Gelenke und *Synchondrosen* verweise ich auf meine Entwickelungsgeschichte 2. Aufl. S. 493.

Meine alten Erfahrungen über die Bildung der Knochenzellen bei der Rachitis sind immer noch von Belang und bringe ich hier das auf sie Bezügliche bei. Die Knochenzellen entstehen hier, wie es schon *Schwann* als möglich und *Henle* als Vermuthung aufstellten, ähnlich wie die verholzten Pflanzenzellen mit Poren- oder Tüpfelkanälen, aus den Knorpelkapseln durch Verdickung und Verknöcherung ihrer Wand unter gleichzeitiger Bildung von kanalartigen Lücken in derselben, während zugleich die von ihnen eingeschlossenen *Protoblasten* zu den sternförmigen Gebilden auswachsen, welche die späteren Knochenhöhlen erfüllen. Bei rachitischen verknöchernden Diaphysen (s. Fig. 254 und m. Mikr. Anat. II. 1 Fig. 112) lässt sich dieser Vorgang aufs Schönste beobachten. Verfolgt man die reihenweise gestellten, hier grösseren Knorpelkapseln des Ossifikationrandes von aussen nach innen, so findet man bald, dass dieselben da, wo die Ablagerung der Kalksalze, die meist ohne Kalkkrümelbildung zu Stande kommt, beginnt, statt ihrer nur durch eine einzige, mässig starke Linie bezeichneten Hülle eine dickere Membran zeigen, die auf der inneren Seite zarte Einkerbungen besitzt. Hat dieselbe nun 2,2 μ Dicke erreicht, so erkennt man schon, dass die Höhlen der Knorpelkapseln in die Knochenhöhlen sich umzuwandeln im Begriffe sind, und noch deutlicher wird dieses, wenn man weiter nach dem Knochen zu die Dicke der besagten Membranen unter gleichzeitiger Verkleinerung der Höhlung der Zellen immer mehr zunehmen, die Kerben ihrer inneren Begrenzungslinie schärfer hervortreten und zugleich mit dem Vorschreiten dieser Veränderungen auch die Wandungen durch Aufnahme von Kalk immer dunkler werden sieht. Die späte Verknöcherung der Grund-



Fig. 254.

Fig. 254. Sechs in der Entwickelung begriffene, noch von der Grundsubstanz scharf abgegrenzte Knochenkapseln aus einem rachitischen Knochen. *a* Einfache Knochenkapseln, *b* zusammengesetzte, einer Mutterkapsel mit zwei Tochterkapseln entsprechend, *c* ebensolche aus drei Kapseln entstanden, 300 Mal vergr.

substanz zwischen den Kapseln erleichtert die Beobachtung aller dieser Veränderungen sehr und erlaubt nicht bloss die ersten Umwandlungen der Knorpelkapseln ganz genau zu erforschen, sondern auch die Zustände derselben in späteren Zeiten, wo sie schon Knochenkapseln und Knochenhöhlen genannt werden müssen, Schritt für Schritt zu verfolgen. Diesem Umstande allein ist es zuzuschreiben, dass sich hier auch noch die nicht unwichtige Thatsache feststellen lässt, dass Knorpelkapseln, die Tochterzellen in sich schliessen, in ihrer Gesammtheit in eine einzige zusammengesetzte Knochenkapsel übergehen. Sehr häufig finden sich solche mit zwei Höhlen, die je nach dem Grade der Entwickelung bald weit und mit kurzen Ausläufern versehen sind, bald durch enge Höhlungen und lange Kanälchen ganz an ausgebildete Knochenhöhlen erinnern; seltener sind zusammengesetzte Kapseln mit 3, 4 und 5 Höhlen, doch kommen auch solche hie und da fast in jedem Schnitte vor. In allen diesen Knorpelkapseln und in den aus ihnen hervorgehenden Knochenkapseln nun ist der Rest des ursprünglichen Zelleninhaltes sammt dem Zellenkerne oder der *Protoblast* enthalten. Da derselbe an ganz frischen Stücken die Höhlung der Knorpelkapsel genau ausfüllt, so wird er wohl schon von Anfang an durch zarte Fortsätze in die Porenkanälchen der verdickten Kapsel hineinragen, doch ist es mir noch nicht gelungen, denselben in den früheren Zeiten als sternförmiges Gebilde zur Anschauung zu bringen, während dies in den spätern durch Erweichung in Salzsäure äusserst leicht gelingt.

Dem in diesem § Bemerkten zufolge ergiebt sich das überraschende Resultat, dass keine einzige Knorpelkapsel des Ossifikationsrandes zu einer sternförmigen echten Knochenzelle wird, und diese vielmehr aus Zellen hervorgehen, die von den periostalen Einwucherungen abstammen. — *Sharpey* ist der erste, der von diesen Verhältnissen gewusst hat, denn er behauptete schon seit langem, dass der Knorpel nur eine provisorische Bedeutung für die Knochenbildung habe (*Quains* Anatomy). Dieser Auffassung schloss sich später auch *Bruch* an, indem er den Satz aufstellte, dass aus dem Knorpel nie Knochenhöhlen mit Ausläufern, sondern nur einfache Lücken, die zuweilen noch eine geschrumpfte Knochenzelle enthalten, sogenannte primordiale Knochenkörper entstehen. Doch gebührt erst *H. Müller* das Verdienst, durch neue und mit grosser Sorgfalt gemachte Untersuchungen an mit Chromsäure behandelten Knochen nachgewiesen zu haben, dass die echten Knochenzellen nicht aus den Knorpelkapseln, sondern aus Zellen des jungen Knochenmarks sich entwickeln, von denen er freilich irrthümlich annahm, dass sie Abkömmlinge der Knorpelzellen seien. Ich selbst habe mir gleich nach *Müller's* Mittheilungen ebenfalls die Ueberzeugung verschafft, dass seine Darstellung in allen Hauptpunkten vollkommen richtig ist und ist jetzt diese Angelegenheit, da zu weiteren Untersuchungen *H. Müller's* auch die Zeugnisse vieler anderer Forscher, vor Allen von *Bruch*, *Gegenbaur*, *Waldeyer*, *L. Landois* u. v. a. dazugekommen sind, trotz der Widersprüche von *Lieberkühn*, der immer eine unmittelbare Umwandlung des Knorpels in Knochen vertrat, im Wesentlichen als erledigt zu betrachten. — Noch bemerke ich, dass die schönsten und überzeugendsten Bilder zu Gunsten *H. Müller's* Auffassung von den Knochen gewisser Fische zu erhalten sind, unter denen ich vor Allem *Amia* und *Polypterus* namhaft mache, bei denen die verkalkte Knorpelmasse sehr lange sich erhält und das Verhalten des echten Knochens zu ihr äusserst deutlich sich darstellt.

Es bleiben übrigens immer noch mehrere Punkte weiter zu untersuchen. Vor Allem die Entwickelung der echten Knochensubstanz. Untersucht man die jungen Markräume hinter den Ossifikationsrändern, so findet man dieselben anfänglich ganz und gar mit rundlichen Zellen erfüllt und von Zwischensubstanz keine Spur. Die jungen Knochenlamellen enthalten nun aber entschieden Zwischensubstanz und Zellen, und es bleibt demnach nichts anderes übrig als anzunehmen, dass gleichzeitig mit der Umwandlung der *Osteoblasten* in Knochenzellen die Zwischensubstanz sich ablagert. Wie dies letztere geschieht, ist noch nicht klar. Pinselt man feine Schnitte erweichter wachsender Knochen aus — was beiläufig gesagt ein vortreffliches Verfahren ist, um die eigentlichen Vorgänge der Knochenbildung zu erforschen — so sieht man sehr häufig einzelne Markzellen in verschiedenen Graden aus der eben entstandenen Knochengrundsubstanz hervorragen und findet dieselben an der festsitzenden Seite mit kurzen Spitzchen versehen, während sie an der anderen noch ganz glatt sind. Liegen dieselben einmal ganz in

einer sich bildenden Knochenlamelle drin, so zeigen sich die Zacken rings herum und bald, d. h. weiter nach innen, treten die echten sternförmigen Knochenzellen auf. Somit sind die Zellen nicht vorher schon sternförmig, sondern werden dies erst zur Zeit ihrer Einschliessung in die verkalkende Grundsubstanz und bilden sich dann in dieser erst ganz aus, so dass sie zuletzt selbst untereinander zusammenhängen, ein Vorgang, der in seinen Einzelheiten noch nicht zu überschauen ist, aber auch von *Bruch* und *Gegenbaur* wesentlich in derselben Weise aufgefasst wird. Anderer Ansicht ist *Waldeyer*, denn er lässt die Grundsubstanz aus den peripherischen Theilen der *Osteoblasten* hervorgehen, so dass somit die Knochenzellen nur Reste der ursprünglichen *Osteoblasten* wären. Die Entscheidung ist an manchen Orten nicht leicht, doch scheinen mir folgende Thatsachen entschieden gegen *Waldeyer* zu sprechen. Erstens sind die Knochenzellen in junger eben gebildeter Knochensubstanz oft nicht kleiner als die *Osteoblasten*. Zweitens sind die Entfernungen der Knochenzellen von einander meist der Art, dass man, namentlich auch unter Berücksichtigung ihrer Grösse, nicht annehmen kann, dass die Zellen allein die Grundsubstanz des Knochens geliefert haben. Freilich giebt es auch Fälle, wie *Waldeyer* richtig gesehen hat, in denen im Knochen Zelle dicht an Zelle sich befindet, allein solcher Knochen hat dann auch nur eine äusserst geringe Menge von Grundsubstanz. Drittens endlich scheiden die *Osteoblasten* an bestimmten Orten (siehe unten), ohne ihre Gestalt und Grösse irgendwie zu ändern, zuerst eine zellenlose Knochengrundsubstanz ab, an welche dann erst nachträglich zellenhaltige Lamellen sich anreihen, in welchem Falle (s. Fig. 255) doch unmöglich angenommen werden kann, dass die fraglichen Lamellen und Balken aus verkalkten Theilen der Zellenleiber bestehen.

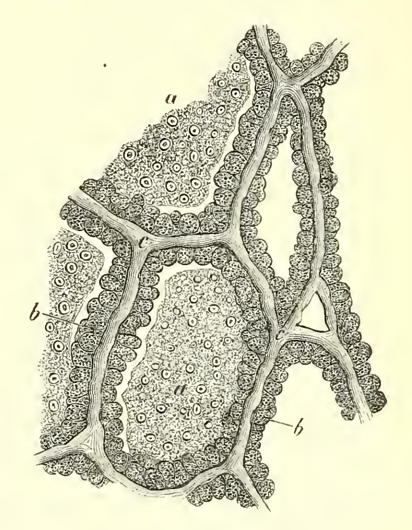


Fig. 255.

Die osteogenen Zellen oder *Osteoblasten* (*Gegenbaur*) bedürfen noch in anderer Beziehung einer Beleuchtung. Eben gebildete Markräume in verkalkter Knorpelsubstanz eines Ossifikationsrandes sind anfänglich von einer gleichmässigen Masse rundlicher Zellen erfüllt. Sehr bald macht sich jedoch in jedem Markraume ein Unterschied zwischen einer oberflächlichen und einer inneren Zellenlage bemerklich und geht die erstere nach und nach in eine epithelartige Schicht über, während die inneren Zellen zum Theil als rundliche Elemente (primitive Markzellen) verharren, zum Theil in sternförmige netzförmig verbundene Bindesubstanzzellen sich umbilden. Die epithelartigen Zellen nun, deren besondere Anordnung *Gegenbaur* zuerst bestimmt hervorgehoben hat, sind die eigentlichen *Osteoblasten* (*Gegenbaur*), die im Mittel 20—30 μ, in den Extremen 15—80 μ betragen und im Allgemeinen Cylinder- und Pflasterzellen gleichen (Fig. 255, 256).

Die Schicksale des verkalkten Knorpels sind noch nicht so aufgeklärt als es wünschbar wäre. So finde ich an den Diaphysen von Röhrenknochen noch bei 16jährigen in bedeutender Entfernung vom knorpeligen Ende eine besondere Zone von verkalkter Knorpelgrundsubstanz und früh gebildetem echten Knochen (Fig. 257 und 5. Aufl. S. 221), und so mögen auch noch an andern Orten Reste der primitiven Bildungen lange sich erhalten, wie denn auch schon *Tomes* und *de Morgan* und auch *H. Müller* auf solche Stellen die Aufmerksamkeit gelenkt haben.[1]

Wenn schon in weitaus der Mehrzahl der Fälle beim Menschen und bei Thieren der ossifizirende Knorpel keinen Antheil an der Bildung des echten Knochens nimmt,

Fig. 255. Aus dem Unterkiefer eines Kalbsfötus von 16,2 cm, 300 Mal vergr. *a* Mark mit Blutgefässen, *b* *Osteoblasten*, *c* junge noch zellenfreie Knochenbalken.

wie *H. Müller* mit Recht behauptet, so giebt es doch Beispiele von der Bildung eines Knochengewebes mit sternförmigen Zellen direkt aus Knorpel, in derselben Weise, wie ich dies an rachitischen Knochen entdeckte. Es gehören hierher nach *Lieberkühn's* (Monatsbl. d. Berl. Akad. Febr. 1861) und *meinen* (Ds. Handb. 4. Aufl.) Erfahrungen die Geweihe von Rehen und Hirschen, ferner nach *Gegenbaur* (Unters. z. vergl. Anat. d. Wirbelth. 2. Heft 1865. St. 5—17) die *Clavicula* des Menschen und der Stirnzapfen der Rinder, endlich gewisse Theile des Unterkiefers (*Brock*, *Strelzoff*) und der Röhrenknochen von Schafembryonen und kleinen Kaninchen (*Schulin*, Marb. Ber. 1875, S. 112). Es ergiebt sich somit, dass zwischen verkalktem Knorpel und echtem Knochen keine so scharfe Grenze besteht, wie *H. Müller* anzunehmen geneigt war, und kann noch daran erinnert werden, 1. dass im Knorpelknochen der *Plagiostomen* auch zackige Höhlen vorkommen und 2., dass die nicht knorpelig

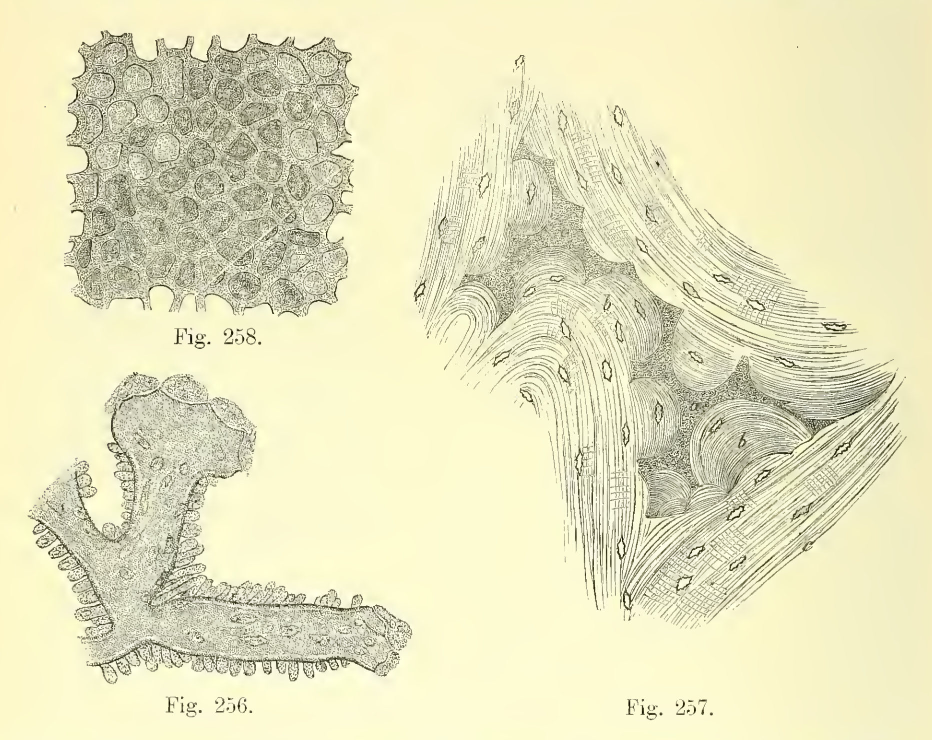


Fig. 258.

Fig. 256.

Fig. 257.

vorgebildeten Knochen nicht nothwendig sternförmige Höhlen führen, wie die Knochen mancher Fische (Fig. 217, 218) und das Cement von *Hydrochaerus* lehrt. (Fig. 258.)

Die Schicksale der Knorpelzellen bei der enchondralen Ossifikation und die Herkunft des jungen Knochenmarkes und der *Osteoblasten* anlangend, so gebührt *Lovén* und *Gegenbaur* vor Allem das Verdienst, die zuerst von *Virchow* (Arch. V. S. 418) aufgestellte Lehre, dass die Markzellen aus den Knorpelzellen herorgehen, widerlegt und gezeigt zu haben, dass dieselben von den Bindesubstanzzellen der einwachsenden

Fig. 256. Knochenbalken vom Unterkiefer eines Kalbsembryo mit *Howship*'schen Grübchen und Riesenzellen an seinen Enden, *Osteoblasten* an den Seiten. Ger. Vergr.

Fig. 257. Aus der Diaphyse des *Femur* eines 16jährigen, 1,35 cm vom Knorpelende entfernt. Von der Grenze der Periostablagerungen. Vergr. 230. *a* Reste verkalkter Knorpelgrundsubstanz. *b* Primitive Knochenablagerungen. *c* Später gebildete Knochensubstanz.

Fig. 258. Theil eines Schliffes des Cementes von *Hydrochaerus*, 350 Mal vergr.

periostalen Zapfen abstammen, welcher Darlegung dann später vor Allem *Rollet*, *Kutschin*, *Levschin*, *Strelzoff* und *Stieda* u. a. sich anschlossen, so dass diese Annahme jetzt fast allgemeiner Anerkennung sich erfreut. Weitere Prüfung verdienen: 1. Das Wachsthum des ossificirenden Knorpels, in welchem *Retzius* vor Kurzem Mitosen in der Nähe der wuchernden Knorpelzellen beschreibt (Arch. d. Biol. Vereins in Stockholm 1888, Nr. 1), die ich schon lange aus den Knorpeln von Axolotllarven kenne. 2. Das Vorkommen von blutzellenähnlichen kernlosen Körpern in den Knorpelkapseln am Ossificationsrande (*Bayerl* in Arch. f. mikr. Anat. Bd. 23) oder in den Knorpelzellen-*Protoblasten* (*Kassowitz*, die norm. Ossification I, S. 143 u. folgde.; *Retzius* l. c.), sowie die Verbindung dieser *Protoblasten* mit Blutgefässen (*Kassowitz*, *Retzius*). 3. Die genaueren Vorgänge beim Untergehen der Knorpelzellen. — Ad 2 erlaube ich mir, ohne diese Frage weiter geprüft zu haben, die Bemerkung, dass die Annahme einer Entstehung von Blutzellen als von Hause aus kernloser Bildungen, und einer Verbindung von Capillaren mit den Binnenräumen von Zellen nach unseren jetzigen Kenntnissen von vorn herein nicht befürwortet werden kann. — In Betreff des Einschmelzens der Knorpelsubstanz überhaupt habe ich schon seit langem die Ansicht aufgestellt (l. s. c.), dass die weicheren Theile derselben einfach von den wuchernden periostalen Zapfen mechanisch verdrängt werden, wogegen die verkalkten dickeren Theile der Knorpelgrundsubstanz einer Resorption anheimfallen, bei welcher die hier sehr früh auftretenden *Ostoklasten* die Hauptrolle spielen.

§ 98.

Elementarvorgänge bei den Ablagerungen aus dem Perioste. Wie wir oben schon sahen (§ 83), ist das Knochengewebe, das innen am Perioste sich bildet, in verschiedenen Lebensaltern verschieden. Bei Embryonen

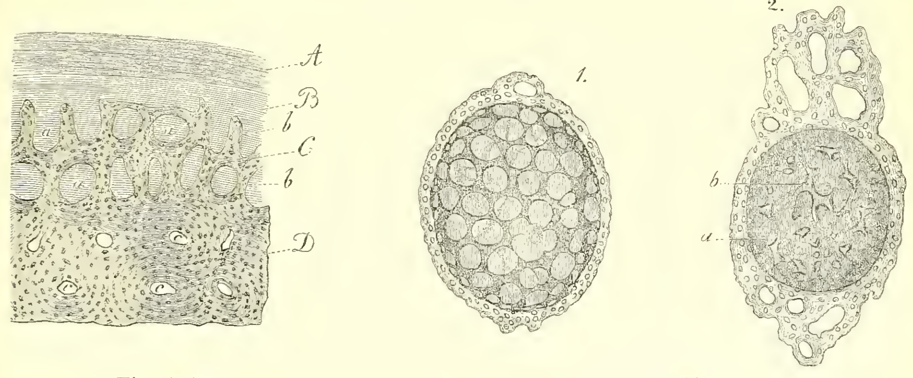


Fig. 259. Fig. 260.

und Neugeborenen ist dasselbe grobfaserige Knochensubstanz und erst nach der Geburt tritt nach und nach lamellöser Faserknochen mit *Sharpey*'schen Fasern

Fig. 259. Querschnitt aus der Oberfläche der Diaphyse des *Metarsus* des Kalbes. 45 Mal vergr. *A* Periost. *B* Ossifizirendes Gewebe. *C* Junge Knochenlage mit weiten Räumen *a*, in denen Reste des ossifizirenden Gewebes sitzen, und netzförmig verbundenen Balken *b*, die ziemlich scharf gegen *B* sich abgrenzen. *D* Entwickeltere Knochenlage mit *Havers*ischen Kanälen *c*, die von ihren Lamellen umgeben sind.

Fig. 260. Querdurchschnitte durch die Rippe eines 3monatlichen Embryo. Geringe Vergrösserung. 1. Stelle mit dünner Periostverknöcherung und ganz verkalktem Knorpel. 2. Eine weiter vorgeschrittene Stelle mit grösstentheils von Mark *a* vertretener Knorpelverkalkung, von der bei *b* noch Reste da sind. Die Periostablagerung mit flügelförmigen Anhängen mit Markräumen. Nach *H. Müller*.

an dessen Stelle. Betrachten wir die bei diesen Ablagerungen stattfindenden Vorgänge genauer, so finden wir folgendes:

Das Periost der knorpelig vorgebildeten Knochen ist verhältnissmässig sehr dick und gefässreich und besteht schon vom fünften Fötalmonate an aus gewöhnlichem Bindegewebe und feinen elastischen Fasern, von denen die letzteren mit der Zeit immer stärker werden und hie und da die Natur elastischer Netze annehmen. An der inneren Seite dieser ganz ausgebildeten Beinhaut nun sitzt ossifizirendes Gewebe (Blastème sous-périostal *Ollier*) so fest am Knochen anhaftend (Fig. 259 *B*), dass es beim Abziehen desselben meist an ihm liegen bleibt, als eine mässig dicke, weiche, weissgelbliche Lamelle, in der die mikroskopische Untersuchung ein Fasergewebe mit nicht gerade besonders deutlicher Fibrillenbildung, etwa wie unreifes Bindegewebe, und körnige, länglich-runde oder runde kernhaltige Zellen (*Osteoblasten*) von 13—22 μ Grösse nachweist. Hebt man diese Lamelle von dem Knochen ab, so findet man, dass dieselbe sehr innig mit den oberflächlichen Schichten desselben zusammenhängt, so dass von einer Verschiebbarkeit derselben keine Rede sein kann und trifft an ihrer inneren Seite gewöhnlich einzelne losgelöste Knochenbruchstücke und zerstreut stehende Häufchen von röthlichem, weichem Mark aus den oberflächlichsten Knochenräumen. Der entblösste Knochen hat, wenn die Ablösung vorsichtig und mit Glück erfolgte, eine rauhe, wie grubige Oberfläche, mit vielen markhaltigen Räumen und ist in seinen äussersten Theilen auf grössere oder kleinere Strecken noch ganz weich, blassgelb und durchscheinend, weiter nach innen dagegen immer fester und weisslicher, bis er endlich das gewöhnliche Ansehen fertiger Knochensubstanz annimmt. Frägt man, wie die hier unzweifelhaft stattfindende Knochenbildung zu Stande kommt, so wird man auf das angegebene weiche Gewebe verwiesen, dessen in bindegewebeartigen Fasern eingestreute Zellen mit Knorpelkapseln nicht die geringste Aehnlichkeit haben, sondern den im vorigen § beschriebenen osteogenen Zellen vollkommen gleichen. In der That ist es nun nicht so schwer nachzuweisen, dass die äussersten noch weichen Knochentheile mit ihren einzelnen Balken und Vorsprüngen in besagtes Gewebe übergehen und dass 1. die Grundsubstanz des Knochens aus dem Fasergewebe desselben durch einfache gleichmässige Ablagerung von Kalksalzen, jedoch ohne vorheriges Auftreten von Kalkkrümeln entsteht, und 2. die Knochenzellen aus den Zellen des Bildungsgewebes sich hervorbilden. Nach *Virchow*'s Entdeckung, welche ich vollkommen bestätigen kann, werden diese Zellen nach und nach sternförmig und wandeln sich so, wenn die Grundsubstanz ossifizirt, unmittelbar in die sternförmigen Knochenzellen um. In Betreff der Entwickelung des ossifizirenden Fasergewebes selbst, so ist dasselbe auf die ersten embryonalen Zellen zurückzuführen, welche nach und nach eine Zwischensubstanz zwischen sich abscheiden, die später faserig wird. Dasselbe wächst ähnlich junger Bindesubstanz an seiner äusseren Seite auf Kosten der besagten runden Zellen, die beständig sich vermehren und immer neue Zwischensubstanz zwischen sich ablagern, für welche die periostalen Gefässe den Stoff liefern und erleidet nach innen zu beständig Umwandlungen, welche dasselbe schliesslich in Knochen überführen. Von den Zellen wandelt sich hierbei ein Theil in die Knochenzellen um, während ein anderer in seiner ursprünglichen Form verharrt und zum Marke der jungen Knochenanlagen wird.

Die Knochenbildung in dem eben beschriebenen Gewebe beginnt bei den Röhrenknochen (Fig. 260) in der Mitte der Diaphysen um die verkalkte Stelle der Knorpelanlage herum und stellt anfänglich einen dünnen Hohlcylinder dar, der von Anfang an, wie die periostalen Ablagerungen überhaupt durch eine scharf gezeichnete Grenzlinie von dem enchondral gebildeten Knochen sich abgrenzt (*Strelzoff*, *ich*). Im weiteren Verlaufe wächst dieser periostale Hohlcylinder durch immer neuen Ansatz an seinen Rändern (Enden) in die Länge und durch Auflagerungen von aussen in die Dicke, bis am Ende ein langer hohler Doppelkegel oder Doppeltrichter gebildet ist, von dessen Gesammtgestalt die Fig. 250 ein gutes Bild giebt und dessen Verhältnisse zu den Knorpelenden die Fig. 249 im Einzelnen darstellt. An diesem Doppeltrichter ist nicht die innerste längste Lamelle die älteste, wie *Strelzoff* fälschlich behauptet (Erste Abh. 1873 S. 17), so dass an einem solchen Knochen die jüngsten Lamellen am oberflächlichsten gelagert und die kürzesten wären, vielmehr besteht dieselbe, wie man bisher allgemein mit Recht angenommen hat, zu innerst aus kurzen ältesten Lamellen, auf welche dann nach und nach jüngere, immer längere folgen. Hierbei ist das Wort Lamellen nicht wörtlich zu nehmen, da junge periostale Ablagerungen nicht lamellös sind und besagt der ausgesprochene Satz nur soviel, dass die innerste Lage eines solchen Doppeltrichters aus sehr verschieden alten Knochenschichten besteht, und dass der mittlere Theil derselben die ältesten, die Enden dagegen die jüngsten, eben erst gebildeten Knochentheile zeigen.

Die jüngsten zugeschärften Enden der periostalen Doppeltrichter zeigen, genauer in's Auge gefasst, folgende Verhältnisse. Dieselben reichen ohne Ausnahme weiter gegen die knorpeligen Epiphysen zu als die intracartilaginös gebildete Knochensubstanz und zwar zeigen verschiedene Knochen in dieser Beziehung ein etwas verschiedenes Verhalten. Bei kleinen Knochen (*Metacarpi*, Phalangen des Menschen) erstreckt sich die periostale Rinde häufig nicht weiter als bis in die Ebene des Verknöcherungsrandes (Fig. 249 auf der linken Seite), bei grösseren Knochen dagegen (*Humerus*, *Tibia*, *Femur*) noch um eine gewisse Strecke über denselben hinaus (Fig. 249 rechts). In beiden Fällen zeigt der äusserste Rand der periostalen Lamelle mehr quer stehende Knochenzellen und endet meist etwas medianwärts gebogen zwischen dem Knorpel und dem Periost d. h. der tieferen osteogenen Lage dieser Haut, die jedoch mit der zu ihr gehörenden Knochenlamelle hier ebenfalls ganz dünn ausläuft, sodass weiter weg, d. h. gegen die Gelenkenden zu, nur die längsfaserige, sehr dicke äussere Lage der Beinhaut gefunden ist, die dann (s. Seite 111) auf eine weite Strecke ohne scharfe Grenze mit dem Knorpel zusammenfliesst (*Kölliker*, Knochenresorption S. 39, *Ranvier*, Traité technique, Beschreibung der sog. Encoche d'ossification). In dieser Gegend wächst auch die knochenbildende Lage der Beinhaut, die man Keimschicht derselben nennen könnte, mit der Verlängerung dieser Knochen immerfort in die Länge, während an den übrigen Stellen der Diaphyse diese Lage und die Beinhaut überhaupt keine Veränderungen zeigt, abgesehen von denen, die mit dem Dickenwachsthum der Periostablagerungen und der Zunahme der Diaphyse an Umfang zusammenhängen.

Ich läugne somit ein sogenanntes interstitielles Wachsthum des Periostes sich entwickelnder Knochen, d. h. ein Wachsthum, das an allen Stellen der Beinhaut sich bethätigen würde, welches von einigen Neueren, namentlich auf Grund eines Ex-

perimentes von *Ollier* (Arch. d. phys. V. S. 34) angenommen wird. Nach *Ollier* soll die Beinhaut auf den Knochen sich verschieben, während diese unverändert bleiben und hierbei der Zug von der festen Verbindungsstelle der Beinhaut mit den Epiphysenknorpeln ausgehen, während diese in die Länge wachsen. Wir haben jedoch schon oben betont, wie fest und unablösbar die Beinhaut mit allen Stellen der Oberfläche fötaler und kindlicher Knochen verbunden ist und kann von einem Gleiten derselben gar keine Rede sein. Hierzu kommt, dass das Experiment von *Ollier* nicht das beweist, was es beweisen sollte, da die metallene Schleife, die das Periost allein hätte fassen sollen, auch durch die oberflächlichste Knochenlage durchging! Kein Wunder, dass diese Schleife ihre Lage veränderte und da sie in der Gegend der *Tuberositas tibiae* durchgezogen war, sich nach oben verschoben hatte.

Die periostalen Knochenablagerungen finden, abgesehen von den allerersten Bildungen aussen an eben ossifizirenden Knorpeln, bei Embryonen und Neugeborenen nicht in zusammenhängenden, sondern in netzförmig durchbrochenen Blättern und Balken statt. Die rundlichen oder länglichen Räume (Fig. 259 *a*), die von Anfang an zwischen dem Knochengewebe übrig bleiben und in den verschiedenen Schichten mit einander in Gemeinschaft stehen, sind nichts als die Anlagen primitiver *Havers*ischer oder Gefässkanälchen der festen Substanz, die jedoch, wie wir oben schon sahen, keine deutlichen Lamellen besitzen und wesentlich von grobfaseriger Knochensubstanz begrenzt werden. Der Inhalt dieser Räume ist weiches, röthliches Mark, das offenbar anfänglich nichts anderes ist, als der nicht ossifizirende Theil des knochenbildenden Gewebes, jedoch bald mehr Bildungszellen als Zwischensubstanz führt. Sehr bald gestalten sich die Zellen dieser Räume zu gewöhnlichen leicht röthlichen Markzellen, von denen die oberflächlich liegenden als *Osteoblasten* sich erhalten, während die inneren zum Theil in Bindesubstanz sich umwandeln, deren Gefässe mit denen der inneren Theile des Knochens und auch mit denen des Periostes in Verbindung stehen und während des ganzen Dickenwachsthums der Knochen mit ihnen in Verbindung bleiben, so dass die Bildung der Knochenlücken durch dieselben vorgezeichnet ist, die dem Gesagten zufolge aus der Beinhaut durch das ossifizirende Gewebe zum Knochen gehen. Neben gewöhnlichen einkernigen *Osteoblasten* enthalten die Knochenräume der Periostablagerungen auch noch die oben schon erwähnten mehrkernigen und vielgestalteten Riesenzellen, meine *Ostoklasten* (Myeloplaxen *Robin*), die auch hier mit Resorptionsvorgängen in Verbindung stehen.

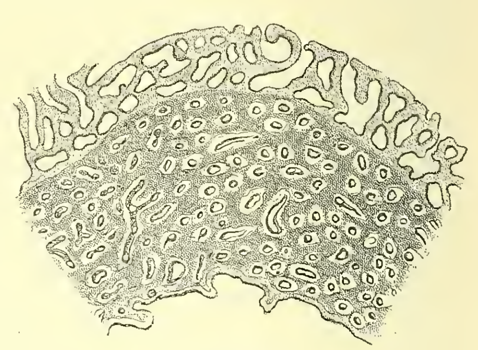


Fig. 261.

Die genannten Periostablagerungen aus grobfaseriger Knochensubstanz, deren genaue Beschreibung schon im § 83 gegeben wurde, finden sich während

Fig. 261. Segment eines Schliffes aus der Mitte der Diaphyse der *Tibia* eines Neugeborenen. Ger. Vergr.

der ganzen Fötalperiode und bei Neugeborenen. Sehr bald, und jedenfalls im Verlaufe der ersten Jahre nach der Geburt, hört jedoch die Anbildung eines solchen Knochengewebes auf und bildet nun die Beinhaut, während die Oberfläche des Knochens sich glättet, aus einer jetzt erst auftretenden epithelähnlichen Osteoblastenlage, die mit einer grösseren oder geringeren Zahl von Bindegewebsbündeln untermengt ist, lamellösen Knochen mit *Sharpey*'schen Fasern oder das, was oben lamellöser Faserknochen genannt wurde, bei welchem Vorgange die Bindegewebsbündel weich oder theilweise verkalkt zu den *Sharpey*'schen Fasern werden. Zugleich wird der Knochen von innen nach aussen resorbirt und enthält schon ein Femur eines 3jährigen Kindes nichts oder fast nichts mehr von der Knochensubstanz des Femur eines Neugeborenen. Somit bildet sich nach dem 3. Jahre keine grobfaserige Knochensubstanz mehr und bestehen die Knochen von nun an aus lamellösem Faserknochen und echtem lamellösem Knochen. Auch die anderen Knochen verhalten sich im Wesentlichen ebenso und bedingen bei allen Knochen nur gewisse Stellen eine Ausnahme und zwar die Stellen, wo Sehnen, Bänder oder *Lig. intermuscularia* direkt an die Knochen sich ansetzen, an denen Faserknochen sich entwickelt. Meine Erfahrungen stimmen somit nicht mit denen von *Schwalbe* überein, der bei jungen Röhrenknochen den Periostablagerungen keine grössere Rolle zuschreibt. Dieser Autor lässt die Knochen etwa bis zum 6. Monate nach der Geburt nach embryonalem Modus, d. h. durch grobfaserige, vom Perioste aus gebildete Knochensubstanz weiter wachsen. Dann beginne die Ablagerung lamellösen Knochengewebes von Seite des Markes und auf die Wandungen der nun entstehenden *Havers*ischen Räume (es sind die *Haversian spaces* gemeint), so dass schon bei 2jährigen Kindern nur lamellöse Knochensubstanz vorhanden sei, an deren Bildung bis zum 4. Jahre das Periost keinen Antheil nehme. Dasselbe bilde vielmehr zu dieser Zeit Anfangs nur Spuren geflechtartiger Knochensubstanz, später auch wohl lamellöse Substanz von geringer Dicke. — Ich schliesse aus diesen von den meinigen abweichenden Erfahrungen, dass die Knochenbildung bei Kindern mannigfache Wechsel zeigt.

Bei den Röhrenknochen ohne Markhöhle und bei allen anderen Knochen, die im Innern nur schwammige Substanz enthalten, geht die Auflösung der jungen Knochensubstanz lange nicht so weit, wie in den eben beschriebenen Fällen, d. h. nur bis zur Erzeugung eines lockeren schwammigen Gewebes im Innern, und finden wir daher, z. B. in den Wirbeln, auch von den früheren Knochenanlagen, selbst von denen, die aus der Ossifikation von Knorpel in oben geschilderter Weise hervorgingen, noch mehr oder minder bedeutende Reste. Immerhin betrifft die Aufsaugung auch hier nicht bloss die aus dem Knorpel gebildeten Kerne, sondern auch die Periostablagerungen, von denen nur die letzten mehr in ihrer ursprünglichen Form als *Substantia compacta* dieser Knochen stehen bleiben.

Die primitiven *Havers*ischen Kanäle entstehen, wie aus dem Bisherigen zur Genüge hervorgeht, nicht wie die Markräume der aus Knorpeln ossifizirenden primären Knochensubstanz durch Verflüssigung schon vorhandenen Gewebes, sondern sind nichts anderes als in den Periostablagerungen ursprünglich offenbleibende Lücken. Dieselben besitzen (siehe auch *Valentin*, Entw. S. 262) in früher Zeit eine verhältnissmässig bedeutende

Grösse, so im Humerus von fünf Monaten 36—54 μ, beim Neugeborenen nach *Harting* (S. 78) im Femur 22—54 μ und bestehen ihre Begrenzungen wesentlich aus grobfaseriger Knochensubstanz und zeigen keine deutlichen Lamellen. Im Laufe der Entwickelung fliessen diese primitiven Kanäle durch Resorption ihrer Wandungen zu grösseren unregelmässigen Räumen, den *Haversian spaces* zusammen (s. S. 274) und in diese erst lagern sich dann aus *Osteoblasten* regelrechte Lamellensysteme ab. Aber auch diese ersten echten *Havers*ischen Lamellensysteme haben keinen längeren Bestand, vielmehr werden dieselben wieder resorbirt, dienen zur Bildung neuer *Haversian spaces* und neuer Lamellensysteme und so gehen diese Vorgänge von Anbildung und Auflösung fort, bis der Knochen seine endliche Ausbildung erreicht hat.

Die *Volkmann*'schen oder perforirenden Kanäle entstehen normal in den Grundlamellen älterer Knochen genau in derselben Weise wie die früheren Gefässkanäle als von Anfang an offenbleibende, Gefässe enthaltende Lücken (*Schwalbe, ich*). In pathologischen Fällen mögen dagegen, wie *v. Volkmann* annimmt (*Langenb.* Arch., Bd. IV, 1863 und Handb. d. Chir. v. *Pitha-Billroth* II, 2. Abth. S. 257), solche Gefässe auch durch Resorption entstehen.

Die inneren Grundlamellen entwickeln sich vom Knochenmarke aus genau so, wie die Lamellen der älteren *Havers*ischen Systeme und fällt ihre Bildung in die Zeit nach der Geburt, in der auch die äusseren Grundlamellen sich ausbilden. Beobachtet habe ich solche innere Lamellen beim Menschen bei Kindern vom 2. Jahre an.

Vergleicht man die Knochenbildung in knorpelig vorgebildeten Theilen und die vom Perioste aus, so ergiebt sich, dass die aus Knorpel hervorgehenden Knochentheile vollkommen denen entsprechen, die beim Periostwachsthume die sekundären Lamellen bilden, während im erstern Falle der verkalkte Knorpel, im letztern die aus Bindegewebe hervorgehenden ersten Periostverknöcherungen ein vorläufiges Gerüst darstellen, auf das dann erst sekundär die bleibende Knochenmasse sich ablagert. Wie in der fertigen Epiphyse von dem ursprünglichen Knorpel nichts mehr da ist als die dünne verkalkte Schicht unter dem Gelenkknorpel und vielleicht noch einzelne spärliche Reste weiter im Innern, und das ganze übrige aus sekundären Ablagerungen besteht, so ergiebt auch eine genauere Untersuchung einer vollendeten Diaphyse, dass in derselben alles Bildungen zweiter Reihe sind und dass von der ursprünglichen grobfaserigen Knochensubstanz nichts mehr vorhanden ist. Histiologisch aufgefasst sind die vorläufigen Skeletbildungen hier verkalkter Knorpel und dort verknöchertes Bindegewebe, während die Hauptmasse der ächten Knochensubstanz aus einer verknöcherten einfachen Bindesubstanz besteht, mit einer ursprünglich gleichartigen, später feinfaserig erscheinenden Grundsubstanz und sternförmigen Zellen ohne sekundäre Kapseln, die weder mit Knorpel noch mit Bindegewebe ganz übereinstimmt, sondern zwischen beiden die Mitte hält.

Zum Schlusse sei hier über die Vorgänge bei der ersten Ossifikation der Diaphysen noch bemerkt, dass dieselben manchen Wechseln unterliegen. Bald ist eine mittlere Knorpelverkalkung das erste, wie die Fig. 262 es zeigt, bald die Bildung einer periostalen Rinde echter Knochensubstanz, und noch andere Male treten beide Vorgänge ziemlich gleichzeitig auf. Immer aber geschieht nach *H. Müller* die Bildung von echter Knochensubstanz im verkalkten Knorpel später, wenn sie überhaupt statt hat. Häufig nämlich zerfällt die verkalkte Knorpelsubstanz ganz und gar, während die periostale Rinde durch Auflagerungen von Aussen sich verdickt, wie es die Fig. 260_2 zeigt.

Zur Untersuchung der Art und Weise, wie die Knochen in die Dicke wachsen, sind seit der Entdeckung *Duhamel's* (Mémoires de l'Académie de Paris 1742, S. 384 u. 1743, S. 138), dass die Knochen von Thieren durch Fütterung derselben mit Krapp (*Rubia tinctorum*) sich roth färben, an wachsenden Thieren namentlich durch *Flourens* eine grosse Anzahl von Versuchen mit dem genannten Farbstoffe gemacht worden, indem man annahm, dass derselbe nur die nach seiner Darreichung gebildeten Knochentheile färbe. Im Widerspruche hiermit glaubten Spätere (*Rutherfordt* bei *Hildebrand-Weber* I, S. 339, *Gibson*, in *Müll.* Archiv IV, S. 482, *Bibra* l. c. und *Brullé* und *Huguény* l. c.), gefunden zu haben, dass bei Krappfütterung der ganze wachsende Knochen und auch die Knochen erwachsener Thiere sich färben und zwar vorzüglich von allen Stellen aus, an denen sie mit den Blutgefässen in Verbindung stehen, indem auch das Mark sich färbt (*Bibra*), weshalb auch die innersten Lagen der *Havers*ischen Kanälchen, die Oberflächen am Periost, die blutreiche junge Knochensubstanz stärker sich röthen und schienen so diese Versuche allen Werth verloren zu haben. Es wies jedoch *Lieberkühn* in Folge von Versuchen an Tauben nach (*Müll.* Arch. 1864, S. 598), dass die ältere Auffassung doch die richtige ist und gelang es ihm durch solche Versuche zu zeigen, dass beim Wachsthume der Knochen auf Kosten des Periostes Ansatz von Knochensubstanz und Resorption solcher gleichzeitig an einem und demselben Knochen vorkommen kann, Beobachtungen, die ich mit anderen vollkommen zu bestätigen im Stande war und deren Richtigkeit ich trotz der Widersprüche einzelner Neuerer bestimmt aufrecht erhalte.

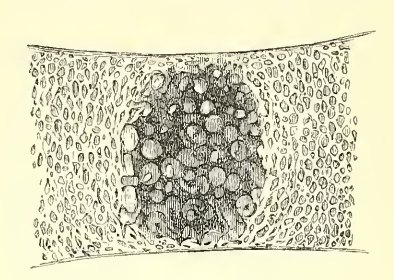


Fig. 262.

Jüngere und ältere Periostablagerungen haben häufig einen verschiedenen Bau und sind erstere nicht nur reicher an Gefässräumen, sondern zeigen oft auch eine andere Anordnung derselben. Ein auffallendes Beispiel des letzteren Verhaltens zeigen die Diaphysen der Röhrenknochen des Menschen, welches am Besten aus der Vergleichung der Fig. 209 von einem 16jährigen und der Fig. 207 von einem Erwachsenen sich ergiebt, und bemerke ich nur noch, dass Knochen mit einer Anordnung der Kanälchen wie in der Fig. 209, die *Uffelmann* merkwürdiger Weise nie zu Gesicht gekommen sind, auch bei Säugethieren ausgezeichnet schön sich finden. Weitere Mittheilungen über diese Verhältnisse findet man bei *Schwalbe* und *Schulin*, doch sind wir noch weit davon entfernt, die Gesetze voll zu übersehen, die die Anordnung der Knochenbalken und Gefässkanäle beherrscht. Meinen Anschauungen zufolge wird die erste primitive Architektur der Knochen von der Anordnung und dem Wachsthume der Gefässe der Beinhaut und des Markes und dem Drucke der die Knochensubstanz begrenzenden Weichtheile überhaupt bestimmt, während bei der späteren mechanische Momente, die bei den physiologischen Leistungen des Bewegungsapparates hervortreten, die Hauptrolle übernehmen.

Die Ablagerungen aus dem Perioste stehen morphologisch in einem gewissen Gegensatze zu der Knochensubstanz, die aus Knorpel sich entwickelt. Die ersteren bilden vorzüglich die feste Rinde der knorpelig vorgebildeten Knochen und zeichnen sich durch das Vorkommen der *Havers*ischen Kanälchen und ihrer Lamellensysteme aus, während die letzere die *Substantia spongiosa* erzeugt und keine Gefässkanälchen führt. Doch ist nicht zu vergessen, dass auch die meisten Periostablagerungen anfänglich gewissermassen spongiös sind, und in allen diesen Knochen ohne Ausnahme zur Bildung der schwammigen Substanz und zwar oft sehr wesentlich beitragen, ferner, dass auch die schwammige Substanz, die aus Knorpel entsteht, an gewissen Stellen, wie an den oberflächlichen Theilen von Apophysen, auch zu festerer Knochensubstanz sich gestaltet.

Fig. 262. Diaphyse des *Humerus* eines 2monatlichen menschlichen Embryo mit dem ersten Kalkpunkt im Knorpel. 100 Mal vergr.

§ 99.

Nicht knorpelig vorgebildete Knochen kannte man beim Menschen früher nur am Schädel; später glaubte *Bruch* auch die *Clavicula* dazu rechnen zu müssen (Zeitschr. f. w. Zool. VI S. 371), was jedoch nach *Gegenbaur* (l. s. c.) nicht richtig ist. Die hierher gehörigen Schädelknochen entstehen ausserhalb des Primordialcranium zwischen ihm und dem Muskelsysteme, also innerhalb der Gebilde, die das Wirbelsystem bilden, sind bei dem ersten Auftreten des Schädels als häutige und knorpelige Kapsel noch gar nicht vorhanden, sondern entstehen erst nach dem Primordialcranium aus einer später sich sondernden Schicht, daher sie zum Unterschiede von den anderen primären Knochen, deren Bildungsstoff früher da ist, sekundäre Knochen, oder auch, da sie an den meisten Stellen mit Theilen des Primordialschädels in Berührung sind, Deckknochen oder Belegknochen heissen. Es gehören zu denselben die Schuppe des Hinterhauptbeines in ihrer oberen Hälfte, die Scheitelbeine, Stirnbeine, Schuppen der Schläfenbeine und die Paukenringe, die Nasenbeine, Thränenbeine, Jochbeine, Gaumenbeine, Oberkiefer, Unterkiefer, Zwischenkiefer, die Pflugschar, die innere Lamelle des Flügelfortsatzes des Keilbeines und die *Corn a sphenoidalia*. Das Bildungsgewebe dieser Knochen, das, verschieden von dem der primären Knochen, erst mit der Ossifikation in einer häutigen Grundlage nach und nach sich entwickelt und nicht schon vorher in einer grösseren Masse vorhanden ist, verhält sich im Wesentlichen ganz, wie das der embryonalen Periostablagerungen und ossifizirt genau ebenso.

Die Annahme, dass gewisse Schädelknochen des Menschen und der Säugethiere nicht aus Knorpel sich entwickeln, ist keineswegs neu, doch haben erst *Rathke*, *Reichert*, *Jacobson* und ich das Morphologische dieser Frage und *Sharpey* und ich das Histiologische derselben festgestellt. Immerhin ist auch hier eine Uebereinstimmung der verschiedenen Ansichten noch keineswegs erzielt. Mit Bezug auf das Histiologische verweise ich auf das im vorigen Paragraphen Bemerkte, was dagegen die morphologische Seite der Frage anlangt, so will ich nur betonen, dass die Lehre von den primären und den sekundären Knochen ganz unabhängig ist von der Frage, ob die letzteren aus Knorpel oder aus Bindegewebe entstehen. Dieselbe stützt sich darauf, dass die einen Knochen unmittelbar aus dem knorpeligen Primordialcranium hervorgehen, die andern aussen an demselben entstehen und nicht vorgebildet sind. Für Weiteres verweise ich auf m. Mikr. Anat. II. 1. S. 374, 375, und meine Bemerkungen in Zeitschr. f. w. Zool. II. S. 281, die ich immer noch vollkommen vertrete, ferner auf die Arbeit von *Bruch* (l. c.), auf die gegentheiligen Abhandlungen von *Reichert* (*Müll.* Arch. 1849. S. 442 und 1852, S. 528), auf *C. Gegenbaur*, vergl. Anatomie und meine Entwickelungsgeschichte 2. Aufl.

§ 100.

Die nicht knorpelig vorgebildeten Schädelknochen treten Alle zuerst in Gestalt eines ganz beschränkten, länglichen oder rundlichen, aus etwas Grundsubstanz und einigen wenigen Knochenhöhlen bestehenden Knochenkernes auf, der von einer geringen Menge weichen Gewebes umgeben ist. Wie dieser Kern entsteht, ist noch nicht beobachtet, doch möchte aus der Art und Weise, wie er fortschreitet, mit Sicherheit zu entnehmen sein, dass kurze Zeit vor seinem

Auftreten an seiner Stelle eine kleine Lamelle von dem weichen geschilderten Gewebe sich bildet, die dann von einem Punkte aus durch Aufnahme von Kalksalzen und Umwandlung ihrer Zellen verknöchert. Ist einmal ein erster Knochenpunkt, z. B. beim Scheitelbeine, da, so schreitet derselbe, während das hautartig ausgebreitete Bildungsgewebe in der Fläche wächst, so fort, dass bald ein zartes Blättchen von netzförmig vereinten Knochenbälkchen entsteht, die mit feinen Strahlen in das noch nicht verknöcherte Gewebe auslaufen (Fig. 263). Untersucht man dasselbe genauer, so findet man, dass die einzelnen Knochenbälkchen in dem hautartigen Bildungsgewebe durch Ossifikation seiner Elemente entstanden sind und dasselbe gewissermassen, wo sie sitzen, ganz aufgezehrt haben, während Reste davon in ihren Lücken liegen geblieben sind, ferner, dass die Bildung der Knochenelemente ganz wie bei den Periostablagerungen vor sich geht, indem die einzelnen Knochenstrahlen, immer weicher, blasser und ärmer an Salzen und in ihren Zellen immer ähnlicher den weichen Bildungszellen, endlich ohne Grenze in das weiche Gewebe auslaufen und in demselben sich verlieren. Anfänglich nun ist bei diesen Knochen nur ein Flächenwachsthum da, indem die Strahlen, weiter laufend und durch Queräste sich verbindend, das anfängliche Netz immer weiter führen, bald aber tritt auch eine Verdickung der anfänglichen Lamelle durch innere und äussere, auf sie abgelagerte Schichten und zugleich ein Dichterwerden je der ältesten Theile ein. Erstere kommt auf Rechnung des Periostes, das an den Flächen der sekundären Knochen kurze Zeit nach ihrem Auftreten gefunden wird und entweder aus deren ursprünglichem Bildungsgewebe oder aus den benachbarten Theilen (Perichondrium des Primordialschädels, Muskel- und Sehnenüberzüge) sich hervorbildet, und geht genau in derselben Weise wie bei den Periostablagerungen der knorpelig vorgebildeten Knochen vor sich, so nämlich, dass an der Innenseite des Periostes ein weiches, wucherndes Gewebe sich findet, das von dem Knochen aus allmählich ossifizirt, ohne je knorpelig gewesen zu sein (Fig. 264). Auf diese Weise nun bilden sich namentlich an der äusseren, aber auch an der inneren Seite des ersten Knochentäfelchens von demselben aus nach und nach neue Lamellen und wird die Knochenlage immer dicker. Alle diese neuen Lamellen sind wie die erste anfangs netzförmig durchbrochen und ihre rundlichen oder länglichen, verschieden grossen Zwischenräume hängen mit denen der schon vorhandenen und folgenden Lamellen zusammen, so dass die sekundären Knochenkerne, gleich den Periostablagerungen, schon bei ihrem Entstehen von einem

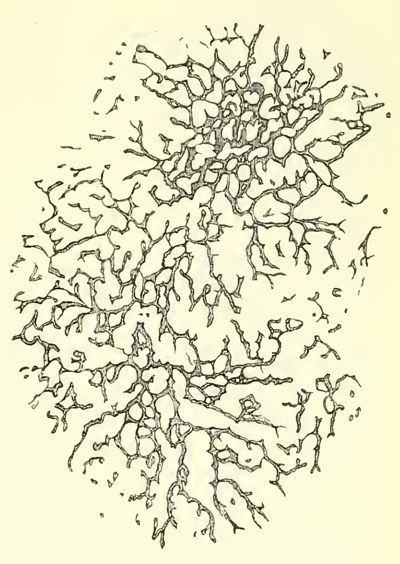
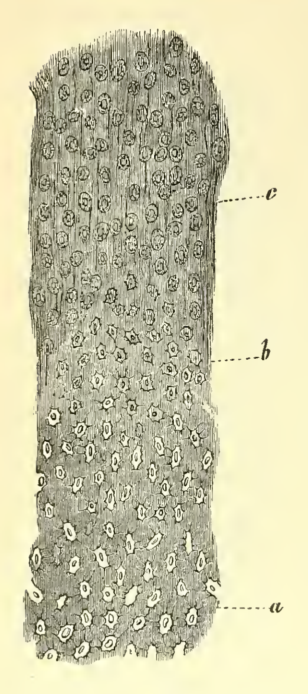


Fig. 263.

Fig. 263. Scheitelbein eines 14 Wochen alten Fötus, 18 Mal vergr.

Netze von Kanälen durchzogen sind, die bald wie dort, zum Theil wenigstens, als primäre *Havers*ische sich kund geben. Anfänglich nur von weichem Gewebe, den Resten des Bildungsmaterials der verschiedenen Lamellen, erfüllt, werden dieselben bald durch fortschreitende Ossifikation in demselben, die theils als Brücken durch sie hindurchsetzen, wie bei den Knochenstrahlen der Ränder, theils als Ablagerungen auf ihre Wände erscheinen, immer mehr verengt und schliesslich die einen ganz geschlossen, die anderen in wirkliche Gefässkanäle umgewandelt, indem ihr Inhalt nun als Markzellen erscheint und Gefässe führt, die mit denen des Periostes in Verbindung stehen. Ist einmal ein solcher Knochen so weit, so ergeben sich seine späteren Veränderungen leicht. Durch immerfort an seinen Rändern und Flächen neu entstehendes Bildungsgewebe wächst er so lange in der Fläche und Dicke fort, bis er seine bestimmte Gestalt und Grösse erreicht hat und zugleich entsteht in seinem Inneren durch Verflüssigung seiner fest gewordenen Substanz nachträglich spongiöse Substanz (oder selbst grössere Höhlen), so dass er dann, wie ein aus Knorpel und Periostablagerungen entstandener Knochen schliesslich ebenfalls aussen feste Substanz mit *Havers*ischen Kanälchen, innerlich Markräume, jedoch mit deutlichen sekundären Ablagerungen, enthält.



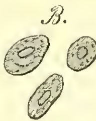


Fig. 264.

Die sekundären Schädelknochen verknöchern zum Theil früher als die primären und meist nur mit Einem Kerne. Das weiche Gewebe, aus dem sie entstehen und das, so lange sie wachsen, an ihren Flächen und Rändern zu treffen ist, ist in seiner ersten Bildung noch nicht verfolgt, wuchert dann aber, wenn die erste Knochentafel einmal da ist, gerade wie bei den Periostablagerungen der anderen Knochen vom Perioste aus an den Rändern und Flächen derselben fort. Die Grundsubstanz desselben ist ebenso faserig, wie die des subperiostalen Blastems der anderen Knochen, und was die Zellen anlangt, die wie bei den Periostablagerungen einfach dadurch, dass sie sternförmig auswachsen, zu Knochenzellen werden (Fig. 264), so sind dieselben länglich, messen beim Menschen meist 13—22 μ und führen einen körnigen Inhalt mit länglichrunden Kernen. Diejenigen unter ihnen, die das Dickenwachsthum besorgen, haben, mit Ausnahme derer der *Cavitas glenoidea ossis temporum*, nie die geringste Aehnlichkeit mit Knorpelzellen und verknöchern auch ohne Ausnahme mit ihrer Grundsubstanz ohne Kalkkrümel; die an den Rändern oder Enden dagegen können, wie es scheint, später die Natur von wahrem Knorpel annehmen. Das auffallendste Beispiel hiervon findet sich am Kopfe des Unterkiefers, an welchem schon während des Fötallebens eine mächtige Knorpellage sich herstellt, die, so lange der Knochen wächst, gerade wie ein Epiphysenknorpel seinem Längenwachsthume vorsteht. Aehnliches findet sich noch an der Gelenkgrube des

Fig. 264. Von der Innenfläche eines *Os parietale* des Neugebornen, 300 Mal vergr. *a* Knochen mit Höhlen, noch blass und weich. *b* Rand desselben. *c* Ossifizirendes Blastem mit seinen Fasern und Zellen. *B* Drei dieser Zellen, 350 Mal vergr.

Schläfenbeins, am *Angulus maxillae inferioris* (beim Kalbe) und an den vorderen Enden der beiden Unterkieferhälften, die durch eine halb faserige, halb knorpelige Masse, die mit derjenigen der Symphyse sehr übereinstimmt, verbunden sind. Diese Thatsache verliert viel von dem Auffallenden, das sie zuerst an sich trägt, wenn man bedenkt, dass jeder Knorpel anfänglich weich ist und aus gewöhnlichen Bildungszellen besteht und dass die Zellen des ossifizirenden Blastems den Knorpelzellen gleichwerthig sind. Es brauchen daher nur zu einer gewissen Zeit die Bildungszellen des weichen Bildungsgewebes der sekundären Knochen dieselben Veränderungen durchzumachen, wie die Bildungszellen des embryonalen Knorpels, um das Auftreten von Knorpel an den fraglichen Knochen zu bewirken. Weitere Untersuchungen müssen ergeben, ob solcher Knorpel nachträglich auch an anderen sekundären Knochen und in welcher Ausdehnung derselbe bei Thieren sich findet. Noch kann er-

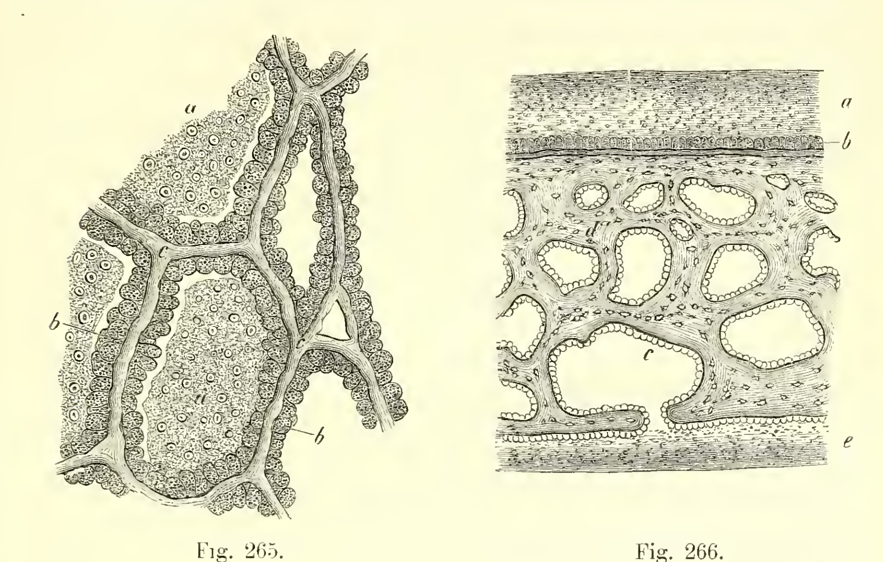


Fig. 265. Fig. 266.

wähnt werden, dass in manchen Fällen Kalkkrümelablagerungen auch in weichem ossifizirendem Bildungsgewebe sich finden, jedoch nie in früheren Zeiten und im Ganzen genommen selten. Immerhin ist aber der Ossifikationsrand auch in diesen Fällen nicht scharf, wie bei verknöcherndem Knorpel.

Mit Bezug auf die nicht knorpelig vorgebildeten Knochen muss ich *Gegenbaur* zustimmen, dass gewisse derselben ihre Knochensubstanz einzig und allein aus *Osteoblasten* aufbauen. Schon seit meinen Untersuchungen über die Entwickelung der Zahnsäckchen kenne ich diese Verhältnisse von den Gesichtsknochen des Schafes und Kalbes, bei denen die erste Spur der Kiefer z. B. in Gestalt zusammenhängender zellenloser Balken sich zeigt, die als Absonderung einer prachtvollen epithelartigen Lage von *Osteoblasten* anzusehen ist (Fig. 265.) Erst später nehmen auch die Zellen in oben geschildeter Weise an der Knochenbildung Antheil. Aehnliche Verhältnisse sah ich auch an anderen Schädelknochen der genannten Thiere, und wenn auch bei gewissen

Fig. 265. Aus dem Unterkiefer eines Kalbsfötus von 16,2 cm. 300 Mal vergr. *a* Mark mit Blutgefässen, *b Osteoblasten*, *c* junge noch zellenfreie Knochenbalken.

Fig. 266. Durchschnitt des Scheitelbeines eines Kalbsfötus. 100 Mal vergr. *a* Aeussere Beinhaut mit 2 Lagen, einer mehr fibrillären äusseren und einer weicheren inneren Schicht. *b Osteoblasten.* *d* Knochen, *c* Markräume, von denen nur die *Osteoblasten*-Lage gezeichnet ist. *e* Inneres Periost mit 2 Lagen und einer *Osteoblasten*-Schicht.

Knochen zellenfreie primitive Ablagerungen fehlten, so mangelte doch die zusammenhängende *Osteoblasten*-Lage nicht, die sogar an platten Schädelknochen älterer Embryonen sehr schön auftritt (Fig. 266.) Auf der anderen Seite fehlte aber auch eine osteogene Substanz aus *Osteoblasten* und mehr weniger faseriger Zwischensubstanz nicht, wie vor Allem bei den ersten Anlagen der platten Schädelknochen an den Rändern derselben und bei ihren Verdickungen nach der Geburt, ferner bei einzelnen Gesichtsknochen (Fig. 267), und kamen mitunter beide Verhältnisse an einem und demselben Knochen vor, so dass ich schliesslich zu der Ueberzeugung gelangte, dass in dieser Beziehung kein ganz durchgreifendes Gesetz obwaltet. — In ihrem Innern wachsen alle Deckknochen durch einfache *Osteoblasten*-Lagen ebenso wie die anderen Knochen.

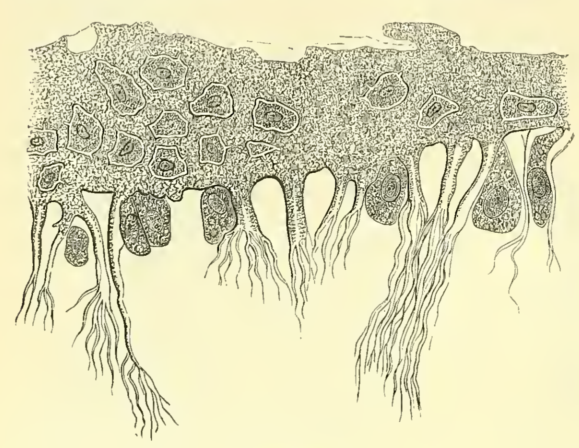


Fig. 267.

Dem Geschilderten zufolge zeigen die sekundären oder Deckknochen in ihrer ersten Entwickelung die grösste Uebereinstimmung mit den Periostablagerungen der anderen Knochen. Auch bei ihnen ist in den meisten Fällen eine Bindegewebsossifikation oder grobfaseriges Knochengewebe das erste, welche dann später zum Theil wieder einschmilzt und lamellösem Faserknochen Platz macht. Doch geht bei diesen Deckknochen die Aufsaugung des ursprünglichen Gerüstes nirgends weit und können sie als die Knochen bezeichnet werden, bei denen dasselbe am vollkommensten sich erhält.

Die letzten Veränderungen der sekundären Knochen sind noch nicht alle genau erforscht. Wie dieselben untereinander und auch mit primären Knochen durch Nähte und Verschmelzung sich verbinden, ist so ziemlich bekannt. Am Schädeldache z. B. stehen die Knochen anfangs, da die ersten Knochenpunkte in der Gegend der *Tubera* der Scheitel- und Stirnbeine entstehen, weit auseinander und sind nur durch eine fibröse Haut mit einander verbunden, die die Fortsetzung ihrer beiden Periostlamellen ist und innen mit den Resten des häutigen Schädels der Embryonen und mit der *Dura mater* sich verbindet. Dann wachsen die Knochen immer mehr einander entgegen und kommen schliesslich, indem sie in der erwähnten Fortsetzung ihres Periostes immer weiter vorrücken, in der Stirn- und Sagittalnaht fast bis zur Berührung, doch bleibt noch lange eine grössere Lücke zwischen denselben, die vordere Fontanelle, die jedoch im zweiten Jahre sich schliesst, während zugleich die Knochen, die bisher mehr geradlinig aneinanderstiessen, ineinandergreifende Zacken ausbilden, bis sie schliesslich, wenn ihr Blastem ganz aufgezehrt ist, nur durch die Periostreste (sogenannte Nahtknorpel, besser Nahtbänder) vereint bleiben, die aber ebenfalls früher oder später, und zwar ohne Ausnahme an dem inneren Theile der Nähte, wo auch die Zacken sehr wenig ausgeprägt sind, zuerst verknöchern können.

Noch erwähne ich, dass auch die sekundären Knochen, so lange sie wachsen, viel gefässreicher sind, als später, und selbst die Periostablagerungen der anderen Knochen hierin noch übertreffen, weshalb auch ihr Mark röther ist. Die Gefässe treten durch unzählige Punkte ihrer Oberfläche in sie hinein und verlaufen je nach den ver-

Fig. 267. Ein Theil des Gaumenbeines eines Schafffötus von 6,7 cm Länge im Querschnitte. 400 Mal vergr. Die Gaumenfläche des Knochens zeigt fibrilläre Anhänge weicher Grundsubstanz und grosse *Osteoblasten* dazwischen, die z. Th. ausgefallen sind. Im Knochen finden sich noch wenig zackige Höhlen mit eingeschlossenen *Osteoblasten*.

schiedenen Knochen in mehr senkrecht aufsteigenden oder wagerechten Kanälen. Letzteres ist in den platteren Knochen der Fall, in denen die Hauptrichtung der Gefässkanäle der Längsrichtung der anfänglich vom Ossifikationspunkte ausgehenden Knochenstrahlen folgt, ersteres, was der Knochenoberfläche ein oft äusserst zierliches milleporenartiges Ansehen giebt, in den mehr dickeren Theilen zu treffen. Später schliesst sich ein guter Theil dieser Kanäle oder wird wenigstens sehr eng, wodurch dann die Oberflächen mehr sich glätten.

In Betreff der Zeitverhältnisse der Verknöcherung verweise ich auf meine Entwickelungsgeschichte. 2. Aufl.

§ 101.

Resorptionserscheinungen an sich entwickelnden Knochen. Schon zu wiederholten Malen war davon die Rede, dass bei und während der Entwickelung der Knochen mannigfache Einschmelzungs- und Auflösungsvorgänge sich geltend machen, die sowohl die knorpeligen Anlagen, als auch die Knochensubstanz selbst betreffen und einen sehr wesentlichen Einfluss auf die gesammte Gestaltung der Knochen haben. Noch vor nicht langer Zeit waren solche Erscheinungen nur vereinzelt bekannt und beobachtet, so dass selbst diejenigen, die nach dieser Seite das Beste geleistet hatten, wie *Hunter* (1772), *Senff* (1801), *Flourens, Brullé* und *Hugueny, ich selbst, Virchow, L. Fick, Welcker, Lieberkühn, Chr. Lovén, Humphry* u. A., keine volle Einsicht in die Gesammtheit der betreffenden Vorgänge hatten und glaube ich ohne Unbescheidenheit sagen zu dürfen, dass in meiner Arbeit über die normale Knochenresorption zum ersten Male diese wichtigen Erscheinungen in ihrer vollen Bedeutung und Grossartigkeit in umfassender Weise zur Darstellung kamen. Ich bin jedoch weit entfernt, in dieser Angelegenheit mir Alles allein zuzuschreiben und verweise mit Hinsicht auf die allmähliche Entwickelung dieser Lehre auf die an dem angeführten Orte gegebene historische Einleitung, in der, wie ich hoffe, Jedem sein Recht widerfahren ist.

Die Resorptionserscheinungen, bei denen besondere zellige Elemente, die von mir sogenannten *Ostoklasten* die Hauptrolle spielen (s. unten), treten theils am ossifizirenden Knorpel, theils am Knochen auf. Bei dem ersten bewirken dieselben an den Ossifikationspunkten unter Mitwirkung des von den wuchernden periostalen Zapfen ausgeübten Druckes (s. oben S. 329) eine Auflösung des primitiven Knorpelskeletes, zerstören die Wandungen der Knorpelkapseln, bedingen die Eröffnung und das Zusammenfliessen derselben und das Vergehen eines guten Theiles der Knorpelgrundsubstanz, Vorgänge, die mit dem Fortschreiten der Verknöcherung auch immer weiter gehen und ihr Ende erst dann erreichen, wenn die Verknöcherung des Knorpels vollendet ist.

Bei den Knochen sind die Auflösungsvorgänge viel verwickelter und betreffen einmal das Innere derselben und zweitens die äussere Oberfläche. Im Innern der Knochen entstehen durch Resorption alle Räume der *Substantia spongiosa* und die grossen Markhöhlen, ferner die sogenannten *Haversian spaces* der *Substantia compacta* und sind nur jene Lücken auszunehmen, die bei der ersten Entstehung der periostalen Ablagerungen fötaler und junger Knochen und der Anlage der nicht knorpelig vorgebildeten Knochen auftreten. Die zuerst auftretenden Resorptionen dieser Kategorie schliessen sich unmittelbar an die erste Resorption des verkalkten Knorpels der Ossifikationspunkte an

und betreffen die allerjüngste echte Knochensubstanz und im weiteren Verlaufe folgt dann immer an den Wachsthumszonen der knorpeligen Anlagen die eine Resorption der anderen nach. An den Diaphysen der Röhrenknochen greifen dann diese Zerstörungen später auch auf die periostalen Ablagerungen über und dauern hier so lange, bis die Knochen ihren endlichen Umfang und Dicke der Wand erlangt haben, in der Art, dass in dem Knochen des Erwachsenen nichts mehr vom fötalen und jungen Knochen enthalten ist.

Während diese Erscheinungen im Grossen und Ganzen vor sich gehen und den Beweis liefern, wie bei der Gesammtgestaltung eines Knochens im Innern Knochenbildung einerseits, Auflösung des Knochengewebes andererseits in beständigem Wechsel aufeinander folgen, spielen sich auch in den periostalen Ablagerungen im Einzelnen an vielen Stellen solche Vorgänge ab, welche kurz dahin bezeichnet werden können, dass hier immerfort *Havers*ische Lamellensysteme sich auflösen und neue sich bilden. Die mehrfach erwähnten *Haversian spaces* sind solche durch theilweise oder gänzliche Zerstörung von Lamellensystemen entstandene Räume und wenn dieselben wieder mit neuen Lamellen sich gefüllt haben, so legen die um diese herumgelagerten Bruchstücke von Lamellensystemen davon Zeugniss ab, wie die Knochensubstanz früher hier aussah (Fig. 225). Diese Vorgänge beginnen mit der Zerstörung der Blätter des embryonalen, spongiösen grobfaserigen Knochengewebes und dem Zusammenfliessen der primitiven Markräume desselben und dauern, nachdem die ersten echten Lamellensysteme entstanden sind, bis zur endlichen Ausbildung der *Substantia compacta* fort, woraus ersichtlich wird, dass auch innerhalb dieser, während der grossen sie treffenden Wechsel, die mannigfachsten kleineren Veränderungen statt haben.

Die an der äusseren Oberfläche der Knochen vor sich gehenden Resorptionen treten ebenso massenhaft auf, wie die im Innern, und sind die Hauptfaktoren, welche die typische Gestalt der Knochen bedingen. Um dies einzusehen, erwäge man, wie ein beliebiger kindlicher, langer oder platter Knochen im Laufe der Zeit sich gestalten würde, wenn an seiner Aussenfläche nur Anlagerungen stattfänden. Das Scheitelbein eines Fötus z. B. besitzt eine viel stärkere Krümmung als dasjenige des Erwachsenen und stellt nicht etwa nur wie ein aus der Mitte desselben ausgeschnittenes Stück dar; somit kann dessen Entstehung unmöglich einfach durch Randwachsthum und Auflagerungen an beiden Flächen erklärt werden, selbst wenn man die letzteren an verschiedenen Stellen verschieden gross, ja selbst an einzelnen Orten ganz fehlend annehmen wollte. In derselben Weise lässt sich aus keinem Unterkiefer, keiner Rippe, der betreffende Knochen einer früheren Zeit herausschneiden und hat kein fertiger Knochen überhaupt genau die Umrisse und die Form seiner ersten Anlage, wie vor Allem der Unterkiefer zeigt. Die so schon in Folge solcher Vergleichungen sich als unabweisbar ergebenden äusseren Resorptionen lassen sich nun auch in der That im Einzelnen leicht nachweisen, wie das Folgende an einigen Beispielen zeigen wird.

1. Röhrenknochen. Zur Zeit, wo die Knochenresorption an den Diaphysenenden der langen Röhrenknochen beginnt, besitzen dieselben hier eine vollständige Rinde periostalen Knochens und muss ich *Strelzoff* bestimmt widersprechen, der behauptet, dass die periostale Rinde an gewissen Stellen der Diaphysenenden überhaupt sich nicht

ausbilde (Med. Central. 1873. Nr. 18, S. 277.) Sobald nun die Resorption sich einleitet, hört in geringer Entfernung vom letzten Ende der Diaphyse die periostale Knochenablagerung an der Aussenfläche auf und wird diese Fläche nach und nach mit der allmählichen Ausbildung von *Ostoklasten* zu einer Resorptionsfläche mit Lakunen, die je nach den einzelnen Knochen eine verschiedene typische Gestalt und Ausdehnung gewinnt. Ist dies geschehen, so wird bald die periostale Rindenlage zerstört und dringt die Resorption bis auf das intrakartilaginöse Gewebe, das ebenfalls bis in eine gewisse Tiefe aufgelöst wird (Fig. 268.) Hierbei verdient nun alle Beachtung, dass ganz am Ende der Diaphysen im Bereiche des Verknöcherungsrandes und noch über denselben hinaus eine Lage periostalen Knochens stets sich intakt erhält und somit die äusseren Resorptionsflächen niemals das allerletzte Ende der Diaphysen betreffen. Diese „Endlamelle“ des periostalen Knochens, wie ich sie heissen will, wächst nun zugleich mit dem intrakartilaginös gebildeten Knochen fortwährend an ihrem äussersten Rande in die Länge, doch wird dieselbe trotzdem nicht länger, indem ihr hinterer, der Mitte der Diaphyse zugewendeter Rand zugleich fortwährend nach Massgabe des Längen-Wachsthums überhaupt in den Bereich der Resorptionszone gezogen wird.

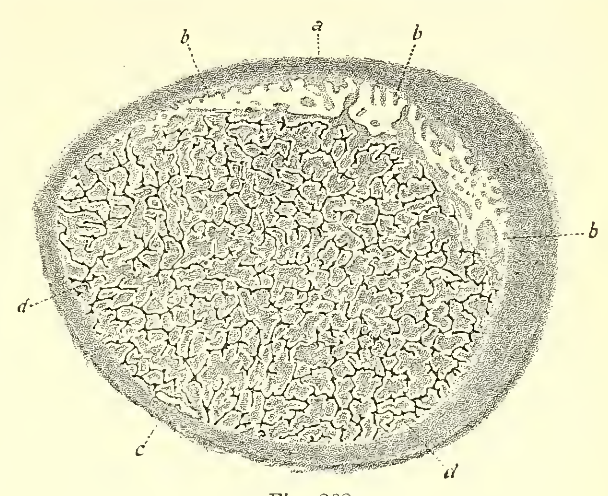


Fig. 268.

Findet somit am Gelenkende der Resorptionsstelle ein fortwährendes Uebergreifen derselben auf periostales Gewebe statt, so ergeben sich am anderen der Diaphysenmitte zugewendeten Rande gerade die entgegengesetzten Verhältnisse, indem hier mit dem Längerwerden des Knochens die Resorptionszone immerwährend zuerst in eine indifferente Zone und dann in eine Appositionszone sich umgestaltet, mit anderen Worten wieder periostale Ablagerungen zeigt.

Von allen diesen Verhältnissen geben Längs- und Querschnitte der betreffenden Knochen die besten Anschauungen. An Querschnitten, die vom Gelenkknorpel ausgehen, sieht man erst im Bereiche des unverkalkten Gelenkknorpels, der aber schon Knorpelzellenreihen enthält, eine dünne periostale Rinde auftreten, die nach und nach im Bereiche des Verknöcherungsrandes etwas dicker wird. Mehr weniger weit hinter diesem Rande wird diese Lage rasch dünner und verschwindet ganz, so dass dann der bisher unter ihr gelegene intrakartilaginös gebildete schwammige Knochen an die Oberfläche unter die Beinhaut geräth (Fig. 268). So erhalten sich die Verhältnisse an vielen hinter einander liegenden Schnitten, bis am Ende wieder eine periostale Rinde auf die Resorptionsfläche des intrakartilaginösen Knochens sich ablagert, wobei es nicht selten vorkommt, dass die Resorptionsgrübchen vorher sich nicht ausfüllen und der neue Knochen in ähnlicher Weise in sie sich ablagert, wie der echte Knochen in die Gruben der eröffneten Knorpelkapseln bei der endochondralen Knochenbildung.

Fig. 268. Querschnitt des oberen Diaphysenrandes der *Tibia* eines 6monatlichen menschlichen Fötus, etwa 6 Mal vergr. An der einen Seite liegt unter der dicken Beinhaut *a* noch eine gut entwickelte Kruste periostalen Knochens *b*, während an mehr als der Hälfte des Umfanges der enchondrale Knochen *d* zu Tage liegt und an die Beinhaut *c* angrenzt. Die Reste der Knorpelgrundsubstanz in demselben sind schwarz gehalten.

Dem Gesagten zufolge liegt somit an allen Resorptionsflächen von Diaphysenenden in grosser Ausdehnung endochondraler Knochen mit Knorpelgrundsubstanzresten oder mit anderen Worten, junge eben erst gebildete *Substantia spongiosa*, frei zu Tage, ein früher nicht bekanntes Verhalten, welches offenbar, wenigstens in der nachembryonalen Periode, eine gewisse Gefahr mit sich bringt und die Diaphysenenden an den Resorptionsstellen minder fest machen könnte. Diese Gefahr wird jedoch dadurch aufgewogen, dass gerade an den Resorptionsstellen die oberflächliche schwammige Substanz durch fortgesetzte innere Ablagerungen so sich verdichtet, dass sie die grösste Uebereinstimmung mit echter kompakter Substanz annimmt. So fand ich bei einem 15jährigen Individuum

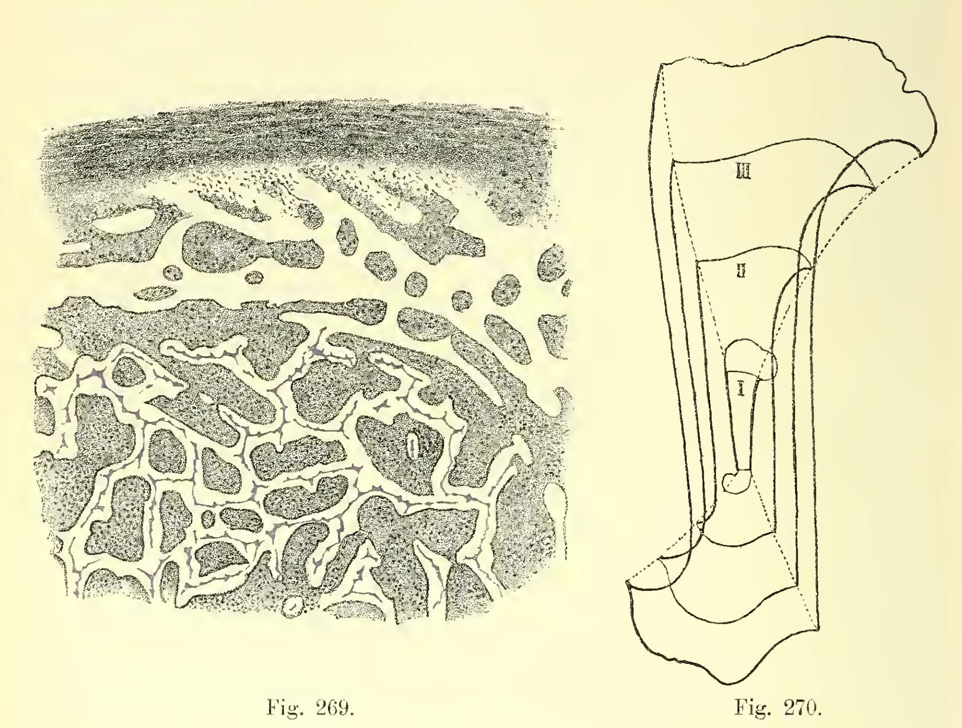


Fig. 269. Fig. 270.

am oberen Ende der *Tibia* die von intrakartilaginöser Knochensubstanz mit Knorpelresten gebildete kompakte oberflächliche Lage 0,54—1,0 mm dick und im Aussehen von der echten kompakten Substanz wenig verschieden, nur dass ihre *Havers*ischen Kanäle weniger regelmässig verliefen.

Die Umwandlung der Resorptionsflächen in Appositionsflächen macht sich an den Gelenkenden der Röhrenknochen in den einen Fällen so, dass Zwischenstufen auftreten, meistens jedoch mehr unvermittelt, indem neuer Knochen unmittelbar auf Resorptionsgrübchen sich ablagert. Dagegen entstehen Resorptionsstellen immer ganz allmählich. Für Näheres verweise ich auf meine Arbeit über Resorption der Knochen S. 40.

Zur näheren Versinnlichung der bei der Bildung der Röhrenknochen statthabenden Vorgänge verweise ich nun noch auf die Fig. 270, in der 4 Oberarmknochen von *Bos taurus* im Längsschnitte, der mitten durch den Kopf und den einen *Condylus* des unteren Endes geht, so dass an beiden Enden auf der einen Seite eine Appositionszone, auf der

Fig. 269. Der Theil der Figur 268 stärker vergrössert, der die periostale Rinde zeigt. Im enchondralen Knochen die Knorpelreste blau.

Fig. 270. Schema zum Nachweise, wie die Resorptionen und Appositionen bei vielen Röhrenknochen statt haben. Erklärung im Text.

anderen eine Resorptionsfläche sich findet. Der Knochen I, an dem die knorpeligen Epiphysen dargestellt sind, stammt von einem Embryo und mass in seiner Diaphyse 4,3 cm, der grösste Knochen dagegen rührt von einem fast ausgewachsenen Thiere her und mass 32 cm. Beide sind ungefähr in einem Viertheile der natürlichen Grösse dargestellt und zwischen beide Konturen noch diejenigen zweier Knochen von mittlerer Grösse eingezeichnet. Die punktirten Linien an beiden Enden geben die Wachsthumslinien der beiden Diaphysen an, so dass mithin alles innerhalb dieser Linien befindliche die Knochenmasse bezeichnet, die intrakartilaginös sich bildete. Vergleicht man mit derselben die äusseren Umrisse der vier Knochen, so ergiebt sich, dass unterhalb des Kopfes und vorn an der Ellenbeugeseite über dem unteren Ende ein grosser Theil der intrakartilaginösen Verknöcherung einer Resorption anheim fiel, während an den beiden anderen Seiten einfach Apposition statt hatte. Zugleich ergiebt die Figur, wie an den Resorptionsstellen der Verlust durch periostale Anlagerungen theilweise und succesive wieder gedeckt wird, so dass am Knochen II die Resorptionslücken durch periostale Anbildungen des Knochens III gedeckt werden und so fort. Wäre in der Figur auch die Markhöhle dargestellt worden, so hätte sich auch die Resorption an den Wänden dieser Höhle schlagend ergeben, indem der Knochen I sozusagen ganz in den Bereich der Markhöhle schon des Knochens III gefallen wäre.

Im Uebrigen ist nun noch zu bemerken, dass nicht alle Röhrenknochen so weit gehende Resorptionen zeigen, wie der *Humerus* des Rindes und lässt sich im Allgemeinen sagen, dass je mehr aufgetrieben die Gelenkenden im Verhältnisse zur Mitte des Knochens sind, um so grösser die Resorptionsflächen, um so wirksamer die Resorption. Das Entgegengesetzte findet sich bei Röhrenknochen, die in der Mitte und den Enden wenig abweichen, wie z. B. bei den Phalangen, den Mittelhand- und Mittelfussknochen, der *Fibula*, dem unteren Ende der Ulna u. s. w.

2. Unterkiefer. Bei diesem Knochen ist das Bemerkenswertheste, dass derselbe, sobald einmal seine beiden Hälften verschmolzen sind, somit vor Allem in der nachembryonalen Periode durch Ansatz am *Angulus* und am hinteren Rande des aufsteigenden Astes und des *Proc. coronoideus* in die Länge wächst, während am vorderen Rande des *Proc. coronoideus* und *condyloideus* immerwährend Resorption statt hat. So erklärt sich, dass während der vordere Rand des *Proc. coronoideus* immer am jeweiligen hintersten Zahne steht, doch nach und nach Raum für alle Alveolen geschaffen wird und der aufsteigende Ast beim Erwachsenen gerade noch einmal so weit von den vordersten Schneidezähnen absteht, als beim neugeborenen Kinde (Figg. 271, 272).

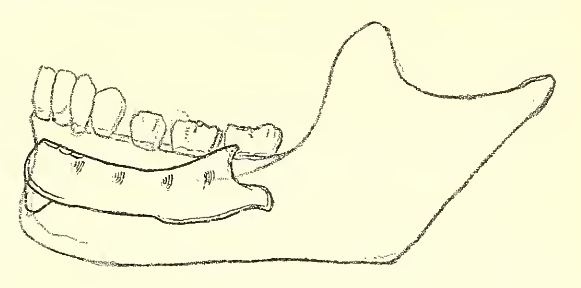


Fig. 271.

Toldt hat geglaubt, durch den Nachweis, dass der Unterkiefer im 3. bis 6. Fötalmonate auch am aufsteigenden Aste überall Apposition zeigt, die Behauptung von *Humphry*, *Lieberkühn* und *mir*, dass Resorptionen eine Hauptrolle bei der Gestaltung dieses Knochens spielen, wiederlegen zu können (l. i. c.). Ich denke, dass die hier gegebenen Abbildungen jeden überzeugen werden, dass, was für den Fötus gilt, für die nachembryonale Periode nicht zutrifft, sobald einmal die zwei Hälften verschmolzen sind (s. auch *Brock* und *Schaffer* ll. cc., ferner in meiner Knochenresorption die Darlegungen und Messungen über die Unterkiefer von Krappthieren und des Kalbes) (Figg. 71, 72, 84, 85).

3. Schlüsselbein. Dieser Knochen behält während seiner Gesammtentwicke-

Fig. 271. Ein Unterkiefer eines Neugeborenen, in einen solchen des Erwachsenen eingezeichnet, Seitenansicht. In halber Grösse.

lung wesentlich dieselbe Krümmung, was dadurch bewirkt wird, dass an den konkaven Seiten beider Enden desselben Resorptionsflächen sich finden.

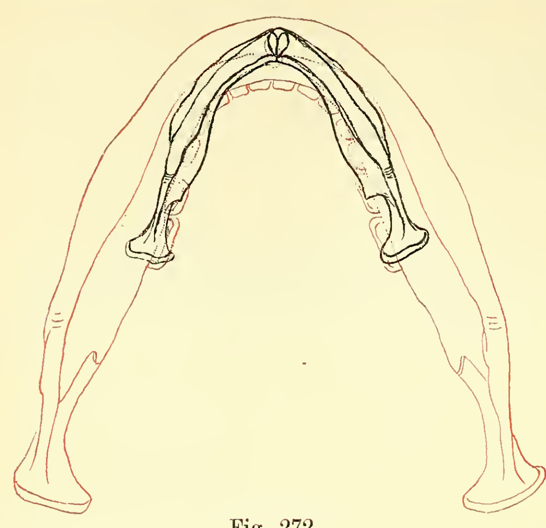


Fig. 272.

4. Augenhöhle. Dass Resorptionen in hohem Grade bei der Ausbildung derselben betheiligt sind, beweist der *Margo supraorbitalis* des Stirnbeines, der beim Menschen von 19,4 cm Breite beim älteren Fötus, auf 35,6 cm beim Erwachsenen ansteigt.

5. Schädelhöhle, Wirbelkanal, Nebenhöhlen der Nase. Bei der Bildung der erstgenannten Höhlen haben Resorptionen einen wesentlichen, wenn auch nicht den einzigen Einfluss, wie dies bei den Stirnhöhlen u. s. w. der Fall ist.

6. Furchen, Löcher und Kanäle in Knochen erweitern sich alle durch Resorptionen. Wenn dieselben im Laufe ihrer Entwickelung ihre Lage ändern, wie z. B. die *For. mentalia, alveolaria, ovalia* u. a. m., so findet sich an denselben auf der einen Seite Apposition, auf der anderen energische Resorption.

7. Einer Resorption unterliegen auch die Geweihe der *Cervina* vor deren Abwurf an der Grenze zwischen Rosenstock und Geweih, ferner die Wurzeln der Milchzähne vor dem Zahnwechsel. Ebenso zufällig in Knochen eingebrachte Elfenbeinstiftchen und (*Flourens*) unter die Beinhaut gelegte Knochenstückchen.

Abgesehen von den Resorptionen an den Diaphysenenden zeigen nun gewissse Röhrenknochen und auch andere Knochen, wie die Scapula, auch in ihren mittleren Theilen merkwürdige Resorptionserscheinungen, durch welche stellenweise nicht nur die gesammten periostalen Ablagerungen sondern auch der enchondrale Knochenkern, z. Th. in grossem Masstabe, z. Th. ganz zerstört wird. Auf die Entdeckung dieser Thatsache wurde ich durch die Untersuchung der von *Strelzoff* sogenannten „aplastischen“ Stellen geführt, Gegenden, von denen dieser Autor annimmt, dass an denselben der enchondrale Knochen blossliege und kein periostaler Knochen gebildet werde. Eine genaue Untersuchung dieser Stellen an *Radius*, *Ulna* und *Scapula* lehrte, dass an diesen sog. aplastischen Stellen, die den Diaphysenmitten der Röhrenknochen und der Mitte der Scapulagrube entsprechen, anfangs periostaler Knochen vorhanden ist, der dann einer Resorption anheim fällt, ferner dass auch der so bloss gelegte enchondrale Knochen angegriffen und an *Ulna* und *Scapula* stellenweise selbst ganz und gar aufgesaugt wird. Für weiteres verweise ich auf meine Arbeit in den Würzb. Verhandlungen, Bd. VI, 1874, S. 5 u. flgde. und *Heuberger* (ebenda, Bd. VIII, S. 19. 1 Tafel).

Hier ist nun der Ort, auch noch einige andere Verhältnisse zu besprechen, die sich auf das Wachsthum der Röhrenknochen beziehen. Nachdem schon *St. Hales*, *Duhamel* und *Flourens* beobachtet hatten, dass die *Tibia* an ihrem oberen Ende rascher wächst als am unteren, gelangte 1852 *Broca* dazu, ganz allgemein den Satz aufzustellen, dass die Röhrenknochen an beiden Enden im Wachsthum verschieden sich verhalten, welcher dann später von *Ollier* und *Humphry* experimentell begründet wurde (siehe *Ollier* l. i. c. I. S. 384). Ich selbst habe an Krappknochen eine Reihe von Erfahrungen nach dieser Seite gesammelt, deren Ergebnisse folgende sind:

Fig. 272. Dieselben beiden Kiefer in der Ansicht von unten.

1. An langen Röhrenknochen mit Epiphysen an beiden Enden wächst dasjenige Ende der Diaphyse schneller, dessen Epiphyse länger getrennt bleibt.

2. Kleine Röhrenknochen mit nur Einer Epiphyse wachsen an der Seite dieser in ihren Diaphysen am stärksten (*Calcaneus, Metatarsi, Metacarpi, Phalanges*).

3. Alle freien Ränder und Apophysen von Knochen aller Art zeigen ein grosses, oft ungemein entwickeltes Wachsthum (*Crista ossis ilei, Tuber ischii, Processus spinosi, transversi, Proc. ensiformis, Basis scapulae, Olecranon, Proc. styloideus ulnae*). Dasselbe gilt von den vorderen Enden der Rippen.

4. Kurze Knochen mit Epiphysen und ohne solche wachsen an allen überknorpelten Flächen, die an andere Knochen angrenzen, ziemlich gleichmässig. (Wirbeldiaphysen, *Tarsus, Carpus,* Brustbeinsegmente.)

5. Alle Epiphysen, die an Gelenke angrenzen, wachsen an der Gelenkseite am stärksten.

6. Freie überknorpelte Flächen von Knochen zeigen ein gutes Wachsthum (Seitenflächen aller Epiphysen).

7. Die Mächtigkeit der Lage wuchernder Knorpelzellen steht im Allgemeinen in Beziehung zur Energie des Längenwachsthums der Knochen. In Betreff des Wachsthumes gewisser Schädelknochen und der Höhlen und Kanäle des Schädels verweise ich auf meine Arbeit über die Knochenresorption.

Schöne Untersuchungen über das Wachsthum der Röhrenknochen verdanken wir *Schwalbe*, der besonders die Richtung der *Canales nutritii* und die Architektur der Diaphysen in den Kreis seiner Beobachtungen zog. *Schwalbe* leitet, wie *Humphry* und *ich*, die schiefe Richtung der Ernährungskanäle von einem Zuge her, den das stärker wachsende Ende der Röhrenknochen (oberes Ende von *Humerus*, *Tibia* und *Fibula*, absteigender Kanal; unteres Ende von *Femur, Radius, Ulna,* aufsteigender Kanal) durch das Periost auf den Stamm der *Arteria nutritia* ausübe, bringt aber ausserdem noch Momente in Rechnung, die ich nicht für begründet erachten kann, nämlich das schon oben (S. 331) als nicht nachgewiesen bezeichnete interstitielle Wachsthum der Beinhaut. Aus diesem Grunde werden wohl auch die Ableitungen *Schwalbe's* in Betreff der Architektur der Diaphysen noch nicht als den Gegenstand erschöpfend bezeichnet werden dürfen. Da ich keine Verschiebung der Keimschicht der Beinhaut auf den Diaphysen annehmen kann, so leite ich den auf die *Vasa nutritia* wirkenden Zug von der äusseren Faserlage der Beinhaut her, die in so inniger Verbindung mit den Epiphysenknorpeln steht (Fig. 249) und unstreitig einen nicht unbedeutenden Grad der Verschiebbarkeit besitzt.

§ 102.

Nähere Vorgänge bei der Knochenresorption. Fragen wir nun nach der Art und Weise, wie die Knochenresorption zu Stande kommt, so ergiebt sich, dass allerwärts, wo eine solche sich findet, zwei mikroskopisch leicht nachweisbare Zeichen vorkommen, nämlich einmal besondere Grübchen, sogenannte *Howship*'sche Lakunen an der Oberfläche der betreffenden Hartgebilde und zweitens in denselben gelagerte eigenthümliche, vielkernige Zellen die von mir sogenannten *Ostoklasten* (ὀστοκλάστης, der Knochenbrecher).

Die *Howship*'schen Grübchen (Fig. 275) zeichnen sich durch ihre wechselnden Gestalten aus und messen beim Menschen von 0,03 — 0,1 mm. Im Allgemeinen ist das Aussehen einer mit solchen Grübchen besetzten Knochenfläche so, wie wenn mit Hohlmeisseln verschiedener Grösse in wechselnder Menge und Vertheilung Stücke aus derselben ausgeschnitten worden wären (Fig. 273), welches unregelmässige Aussehen jedoch oft einem mehr gleichmässigem Platz macht. In der Regel sind die *Howship*'schen Grübchen rundlich, doch kommen

auch andere Formen vor, wie z. B. solche mit polygonalen Umrissen oder mit 1—2 Ausläufern. Immer und ohne Ausnahme sind die Grübchen glatt, besitzen scharfe Ränder und werden von ganz normalem Knochengewebe begrenzt.

Im Allgemeinen mit den *Howship*'schen Grübchen übereinstimmend jedoch noch vielgestaltiger sind die in denselben gelagerten *Ostoklasten* (Myeloplaxen, *Robin*, von μυελὸς Mark und πλὰξ Platte, vielkernige Zellen ich, Riesenzellen *Virchow*). Diese von *Robin* und von mir (Mikr. Anat. II, 1) fast gleichzeitig und unabhängig von einander aufgefundenen Elemente

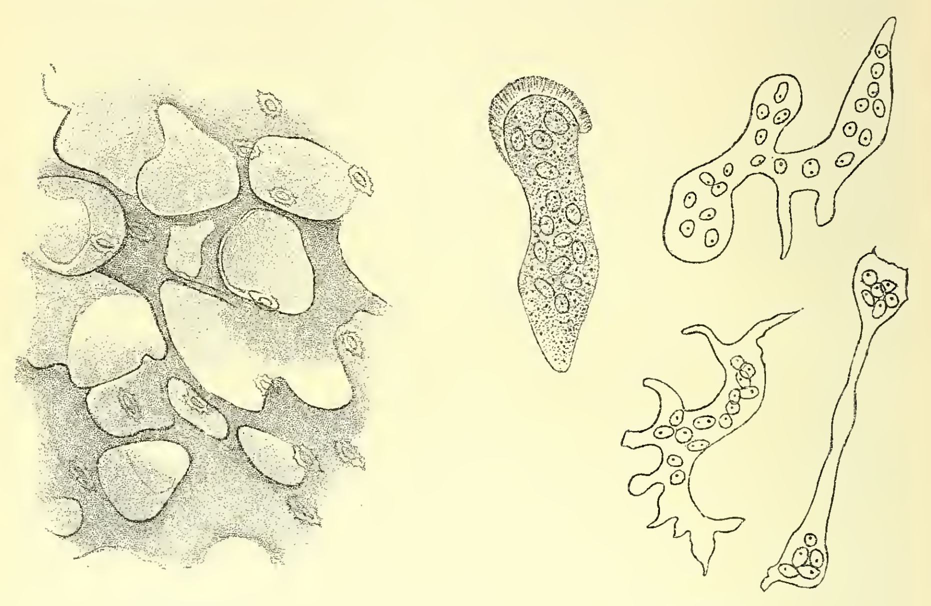


Fig. 273. Fig. 274.

verdienen als die eigentlichen Vermittler der Knochen- und Zahnresorption die grösste Beachtung, doch hat leider die mikroskopische Analyse derselben noch keine Thatsache an die Hand gegeben, aus welcher die eigentliche Art und Weise ihrer Wirkung sich erschliessen liesse.

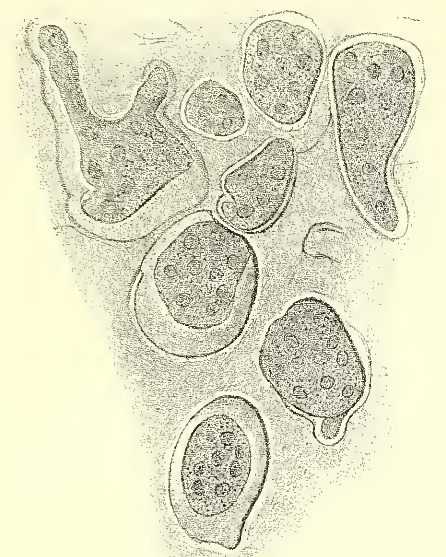
Die Beschaffenheit der *Ostoklasten* im Allgemeinen anlangend, so sind dieselben grosse, abgeplattete, anscheinend hüllenlose Elementarorganismen, im Umrisse rund oder länglichrund, ganzrandig oder mit Zacken oder einfachen und verästelten Fortsätzen versehen (Fig. 274). Ihre Masse ist ungemein fein und gleichmässig körnig und enthält eine grössere, oft sehr grosse Anzahl von rundlichen oder länglichrunden Kernen.

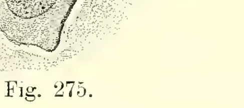
Beim Menschen messen die *Ostoklasten* 43—91 μ Länge, 30—40 μ Breite und 16—17 μ Dicke und sind hüllenlose *Protoblasten*, doch zeigen beim

Fig. 273. *Howship*'sche Lakunen vom *Sinus frontalis* des Kalbes. 400 Mal vergrössert.

Fig. 274. Verschiedene Formen von *Ostoklasten* aus der *Substantia spongiosa* des *Humerus* eines älteren Kalbsembryo. 350 Mal vergr. Links eine solche Zelle mit einer Art streifiger *Cuticula* aus dem *Sinus frontalis*. 400 Mal vergr.

Kalbe manche derselben an einer Seite wie eine poröse *Cuticula* oder wie einen Wimperbesatz (Fig. 274). Im Innern enthalten dieselben oft zweierlei *Granula*, helle und dunkle, die beide in *Kali causticum* und die letzteren auch in Essigsäure sich lösen. Die Kerne von 6—10 μ Grösse kommen in kleinen *Ostoklasten* zu 1—5, in grossen zu 10—20, selbst zu 50—60 vor, zeigen oft 1 bis 2 *Nucleolen* und sehr verschiedene Lagerungsverhältnisse. Auch findet man an denselben nicht selten Theilungserscheinungen zum Theil ähnlich denen, von welchen auf S. 62 und 63 die Rede war.





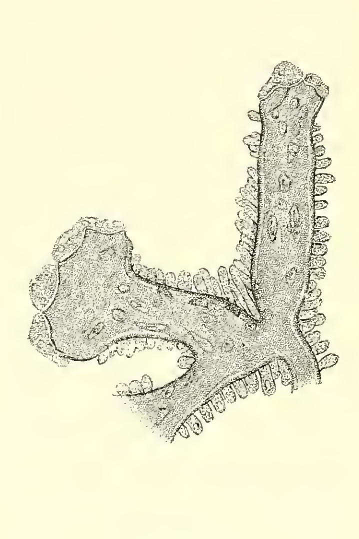


Fig. 275. Fig. 276.

Ostoklasten erscheinen gleichzeitig mit den ersten Ossifikationspunkten in den knorpelig vorgebildeten Knochen und bald nach der ersten Anlage der anderen Knochen und haben die Bedeutung von umgewandelten jungen Markzellen und somit von Bindesubstanzzellen. Später, wenn einmal die Knochenbildung im Gange ist, entstehen dieselben an vielen Orten durch Umwandlung von *Osteoblasten*. So lange das Skelet wächst, finden sich entsprechend der Energie der Resorptionsvorgänge zahlreiche *Ostoklasten*; ist aber einmal das Wachsthum vollendet, so verschwinden dieselben oder finden sich nur noch ganz vereinzelt. Das endliche Schicksal der *Ostoklasten* ist nicht überall dasselbe. Wo Resorptionsflächen in Appositionsflächen sich umwandeln, wie dies an den Diaphysenenden der Röhrenknochen während des gesammten Wachsthums geschieht, wandeln sich höchst wahrscheinlich die *Ostoklasten* in *Osteoblasten* um, indem sie in einkernige Stücke zerfallen. Kommen dagegen an den Wänden

Fig. 275. *Ostoklasten* in *Howship*'schen Grübchen vom *Sinus frontalis* des Kalbes. 400 Mal vergr.

Fig. 276. Ein Knochenbalken vom Unterkiefer eines Kalbsfötus mit *Howship*'schen Gruben und *Ostoklasten* an seinen beiden gegen die Alveole gerichteten Enden und einem dickeren *Osteoblasten*-Beleg an den Seiten. Ger. Vergr.

der grösseren oder kleineren Höhlen im Innern der Knochen Auflösungsvorgänge vor oder findet sich an der äusseren Oberfläche von Knochen während längerer Zeiträume nur Resorption, wie in der Zahnrinne der Kiefer oder bei den Nebenhöhlen der Nase, so gelangen viele *Ostoklasten* in das Knochenmark oder in die anliegenden Weichtheile und werden hier entweder aufgelöst oder in Bindesubstanzzellen (Markzellen) umgewandelt. Doch erhalten sich in manchen Fällen solche *Ostoklasten* vereinzelt oder in Massen lange Zeit, wie namentlich die Kieferrinne und das Knochenmark lehrt und hat man sich davor zu hüten, aus dem Vorkommen von vielkernigen Riesenzellen weitweg von Resorptionsflächen, auf eine geringe Bedeutung dieser Elemente zu schliessen. Für weitere Einzelheiten vergleiche man meine Resorptionsarbeit.

Mit Bezug auf die Art und Weise, wie die *Ostoklasten* den Knochen zerstören, fehlt noch jeder sichere Anhaltspunkt. Ich vermuthe, dass dieselben in ähnlicher Weise, wie Pilze Hartgebilde (Schuppen, Muschelschalen, Knochen u. s. w.) zerstören (*ich*, ***Roux***), die Knochensubstanz zum Untergange bringen und auf chemischem Wege deren leimgebende Substanz zusammen mit den Erdsalzen langsam auflösen, ohne dass das Knochengewebe selbst hierbei sich irgendwie mitbetheiligt und mit seinen zelligen Elementen eine Rolle spielt.

Resorption vom Knochengewebe findet sich nicht nur so lange die Knochen wachsen, sondern zeigt sich auch nach voller Ausbildung des Skeletes da und dort an nicht bestimmten Stellen. Dasselbe gilt auch von den Appositionsvorgängen. Beiderlei Erscheinungen waren schon *Tomes* und *de Morgan* bekannt und von Neueren wurden dieselben besonders von *Pommer* betont.

In Betreff der Momente, die an bestimmten Stellen eine Entwickelung von *Ostoklasten* und als Folge davon eine Resorption der Knochen hervorrufen, so vermag ich auch jetzt nicht über die ebenfalls schon früher ausgesprochene allgemeine Vermuthung hinauszugehen, dass es in erster Linie ein von den die Knochen umgebenden und denselben anliegenden Weichtheilen ausgeübter Druck ist, der hier von Einfluss ist und bekenne ich mich somit offen zu der von *L. Fick* zuerst bestimmt ausgesprochenen Lehre, dass die Knochen im Laufe der regelrechten Entwickelung nur in die Lücken der Weichtheile oder in die Gegenden sich hineinbilden, wo diese letzteren, d. h. vor Allem die Muskeln, nervösen Gebilde und Gefässe, dem Knochenwachsthume keinen Widerstand entgegensetzen, während sie an den Orten, wo die Weichtheile einen Druck auf sie ausüben, schwinden. Geht man von dieser Auffassung aus, so erklären sich viele Resorptionserscheinungen im Allgemeinen ganz gut, wie die an der inneren Oberfläche der Schädelhöhle, an den Wänden der Augenhöhle, an den Begrenzungsflächen der Gefässe und Nerven enthaltenden Löcher, an den Enden der Röhrenknochen (Druck der wachsenden Muskeln), an den Wänden der Nasenhöhle und ihrer Nebenhöhlen (Druck der wachsenden Muscheln, der wuchernden Nasenschleimhaut), an den Alveolen (Druck der sich entwickelnden Zahnsäckchen). Andere dagegen machen grössere Schwierigkeiten, wie die im Inneren der Knochen, wo man allerdings von einem Drucke des wuchernden Markes reden kann, aber nicht einsieht, warum dieser Druck vorwiegend nur an bestimmten Stellen und in einer ganz bestimmten Weise einwirkt, und ebenso ist es auch an den erstgenannten Stellen vorläufig nicht möglich, die spezielle Verbreitung der Resorptionsstellen zu erklären. Nichtsdestoweniger erscheint das, was über diese Verhältnisse sich sagen lässt, namentlich auch unter Berücksichtigung der beim pathologischen Schwinden der Knochen vorkommenden Verhältnisse, der Art, dass es offenbar die Keime einer genügenden Theorie in sich birgt und die Hoffnung erweckt, dass wir der Lösung der Frage immer näher treten werden.

Legt man die Hypothese von *L. Fick* der Erklärung des Knochenwachsthums zu Grunde, so wird auch das Auftreten der *Ostoklasten* und ihr Verschwinden oder ihr Uebergang in *Osteoblasten* nach derselben zu bemessen sein. Wie ich schon früher an-

deutete (s. meine erste Mittheilung), lässt die Thatsache, dass an vielen Orten *Ostoklasten* aus *Osteoblasten*-Lagen hervorgehen und umgekehrt später wieder Knochenbildungszellen Platz machen, wie vor allem an den Alveolen der Kiefer zu beobachten ist, kaum eine andere Erklärung zu, als dass der mechanische Druck der den Knochen anliegenden Weichtheile reizend auf die *Osteoblasten* einwirkt und neue und besondere morphologische Vorgänge in denselben weckt und anregt, in Folge welcher sie zu Riesenzellen sich umbilden und zugleich neue physiologische Wirkungen entfalten. Schwinden dann später die Ursachen, die diese Umbildungen bedingten, so würden dann auch die *Ostoklasten* entweder vergehen oder zu *Osteoblasten* sich zurückbilden.

Bei meiner Auffassung des Wachsthumes der Knochen erscheinen dieselben allerdings als Organe mit geringerer Wachsthumsintensität, aber keineswegs als reine Passivorgane der Art, dass sie ihre Form und Grösse einzig und allein den mit energischerem Wachsthume begabten sogenannten Aktivorganen, den Muskeln, Nervengebilden u. s. w., verdankten. In der historischen Einleitung meiner Resorptionsarbeit habe ich auch angedeutet, dass *L. Fick*, der die Ausdrücke Aktiv- und Passivorgane zuerst braucht, nicht richtig verstanden wird, wenn man ihm unterschiebt, dass er die Knochen von den Aktivorganen gemodelt werden lasse; doch hat derselbe offenbar die Selbständigkeit der Knochen zu gering angeschlagen und namentlich übersehen, dass dieselben in pathologischen Fällen häufig, ohne von den umgebenden Weichtheilen beeinflusst zu werden, besondere Wachsthumsenergien entfalten und dann auch bestimmend auf die Weichtheile zu wirken im Stande sind, wie dies besonders von *Virchow* hervorgehoben wordne ist. Ueberlegt man sich diese Frage weiter, so lässt sich dieselbe, wie mir scheint, so formuliren, dass sowohl *L. Fick* als *Virchow* in gewissem Sinne Recht erhalten. Ich unterscheide nämlich erstens die Wachsthumsgrösse der Knochen im Allgemeinen und zweitens die Momente, welche die typische Gestaltung der Knochen erzeugen und nehme an, dass die erste Grösse ganz unabhängig ist von den Bildungsgesetzen der umgebenden Weichtheile (Knorpel und Beinhaut werden hierbei natürlich als Theile des Skeletes betrachtet) und nur gebunden erscheint an die noch unbekannten Bildungsgesetze des Gesammtorganismus, während die typische Gestaltung der Knochen ganz und gar von den umgebenden Weichtheilen abhängt, welche dieselben recht eigentlich modelliren. Somit bildet allerdings das Gehirn die Schädelhöhle und der Augapfel die Augenhöhle, aber nur insofern als diese Höhlen spezifische Formen besitzen, während ihre Gesammtgrösse ein Resultat der selbständigen Wachsthumsenergien der betheiligten Knochen ist, ebenso gut wie diejenige des Gehirns und des Bulbus selbst von den in diesen Theilen gelegenen Wachsthumsintensitäten abhängig ist. Hiermit steht nicht im Widerspruche, dass Atrophie des Bulbus und des Hirns auch Atrophie ihrer Höhlen herbeiführt, denn es ist klar, dass in der Regel das Wachsthum der beiden Theile sich gegenseitig bedingt und eines ohne das andere nicht wohl möglich ist, wie denn auch eine selbständige Mikrocephalie getroffen wird, die die Entwickelung des Gehirns verhindert.

Ueber die zahlreichen pathologischen Veränderungen der Knochen kann hier nur kurz berichtet werden. Knochenbrüche heilen unter nur einigermassen günstigen Verhältnissen leicht durch wahre Knochensubstanz, der bei Röhrenknochen von Thieren, wie ich mit Anderen mich überzeugte, die Bildung eines wahren Knorpels vorangeht, während dies beim Menschen nicht immer der Fall ist. Bei schwammigen Knochen, Brüchen innerhalb der Gelenkkapseln, ungünstigen Verhältnissen vereinen sich die Bruchenden häufig nur durch einen fibrösen Callus und bildet sich öfter zwischen ihnen eine Art Gelenk. Nach Substanzverlusten erzeugt sich die Knochensubstanz leicht wieder und namentlich ist es das Periost, welches hier, wie bei dem Dickenwachsthume der Knochen, eine grosse Rolle spielt, die durch die merkwürdigen Versuche von *Ollier* dahin bestimmt worden ist, dass es das knochenerzeugende Bildungsgewebe (Blastème sous-périostal, *Ollier*) ist, welches die Wiedererzeugung besorgt, indem dasselbe wie beim wachsenden so auch beim ausgebildeten Knochen noch, wenn auch weniger entwickelt, sich vorfindet. Nach *Ollier* erzeugen bei Säugern vom Knochen theilweise, ja selbst ganz abgetrennte Perioststücke, auch wenn sie an andere Stellen des Körpers verpflanzt werden, immer Knochen, sobald die betreffende Lage dabei ist. Wird dieselbe

abgeschabt, so geht dagegen dieses Vermögen verloren. Uebrigens kommt nicht allen Theilen des Periostes diese Fähigkeit in gleichem Grade zu und übertrifft z. B. die *Dura mater* der Schädelhöhle das *Pericranium* in sehr entschiedener Weise. Bei Thieren erzeugen sich ganze Knochen der Extremitäten und Rippen so ziemlich in ihrer Gestalt wieder, wenn das Periost geschont wird, was die *Heine*'sche Sammlung auf der Würzburger Anatomie durch viele Beispiele belegt, aber auch nach gänzlichem Ausschneiden des Periostes entsteht wieder ein Knochenbruchstück (*Heine*). Beim Menschen liegen schon ziemlich viele Beispiele vor von Wiedererzeugung ganzer Knochen, so des Unterkiefers, der Rippen, des Schulterblattes (*Chopart*) und die Fälle von einzelnen, z. Th. grossen Knochenstücken sind sehr zahlreich. Namentlich sind es die Diaphysen, die sich leicht ersetzen, wenn sie in dieser oder jener Weise verloren gingen, seltener die schwammigen Knochen und Knochentheile und Schädelknochen, doch füllen sich bei letzteren Trepanlücken in manchen Fällen statt mit einer fibrösen Haut mit einzelnen Knochenscherben, selbst mit einem vollständigen Knochenstücke, ja es heilen sogar trepanirte Stücke an, wie man das auch sonst von halb abgehauenen Stücken beobachtet hat (*Pauli*). Hypertrophien der Knochen kommen in den mannigfachsten Gestalten vor, die sich alle in zwei Hauptformen bringen lassen, 1. Auflagerungen oder äussere Hyperostosen, vorzüglich vom Periost aus sich bildend, und 2. Einlagerungen (Sklerosen) oder Erfüllung der Markräume oder *Havers*ischen Kanälchen mit neuem Knochen, welche zwei Formen entweder für sich oder vereinigt sich finden. Erstere kommen bei Entzündungen des Periostes für sich und in Begleit von Krebs, Arthritis, Syphilis u. s. w. vor, letztere ausser im Alter als nachträgliche Bildungen bei Rachitis, Osteomalacie und Syphilis. In Betreff der mikroskopischen Verhältnisse ist es *Virchow's* Verdienst, zuerst mit Bestimmtheit nachgewiesen zu haben, dass in sehr vielen Fällen von pathologischer Knochenbildung dieselbe durch unmittelbare Verknöcherung von Bindegewebe ohne vorgängige Knorpelbildung zu Stande kommt. Die neugebildete Knochensubstanz ist bald wie regelrechte (viele Auflagerungen), bald fester mit kleinen Gefässräumen und grossen unregelmässigen Knochenhöhlen. Atrophien der Knochen erscheinen als Schwinden derselben im Ganzen im Gefolge von langwierigen Krankheiten, Lähmungen, Anchylosen, oder als Schwund einzelner Theile des Knochengewebes analog der *Atrophia senilis*, bei Syphilis, Lepra, Merkurialcachexie, Lähmungen u. s. w. Ein Absterben der Knochen (Nekrose) beobachtet man bei Zerstörungen des Periostes, Entzündungen desselben und des Knochens u. s. w., meist gepaart mit einem übermässigen Wachsthume der noch gesunden Theile. Eigenthümliche Störungen bedingen die Osteomalacie und Rachitis, doch hat bei der ersteren die mikroskopische Untersuchung nichts hier anzuführendes ergeben. Die letztere ist von *mir*, *H. Meyer*, *Virchow*, *H. Müller* u. v. A. untersucht worden und zeigt einige auch hier erwähnenswerthe Verhältnisse. In den unverhältnissmässig grossen Epiphysenknorpeln misst 1. die Schicht der ossifizirenden Knorpelzellen (die reihenweise gestellten Zellen) statt 0,75 mm 4 bis 11 mm, 2. ist der Verknöcherungsrand zackig, indem Knorpel und Knochen verschiedentlich ineinander greifen, 3. fehlen an ausgezeichnet rachitischen Knochen die Kalkkrümelablagerungen am Ossifikationsrande und wandeln sich die Knorpelkapseln fast ohne Ausnahme etwas vor der Grundsubstanz ebenfalls ohne Kalkkrümel in Knochenkapseln um, welche dann später wie bei gesunden Knochen bei der Markraumbildung dem bleibenden Knochengewebe Platz machen. An den Diaphysen ist die Lage des ossifizirenden Gewebes viel dicker, verknöchert ebenfalls sehr langsam, so dass die *Subst. compacta* solcher Knochen von einer dicken Schicht, im Bau und Anordnung Knochen ähnlichen, aber weichen Gewebes bedeckt sein kann, und zeigt dieselbe zum Theil Knorpelbildung. Ferner ist nach *H. Müller* auch die Markhöhle oft mit einem weichen Gewebe ganz ausgefüllt, das histiologisch dem Knochengewebe gleich, aber nicht verknöchert ist. — Accidentelle Knorpel- und Knochenbildungen sind sehr häufig. Ersteres Gewebe zeigt sich, trotzdem dass es nur schwer sich wiedererzeugt und seine Wunden häufig nur durch fibröses Gewebe, oder seltener durch Knochengewebe (Rippen) heilen, in sehr vielen Organen (Knochen, Brustdrüse, Parotis, Hoden, Lunge, Haut) als sogenanntes *Enchondroma*, ferner als neuer Ueberzug auf Knochenwucherungen am Rande abgeschliffener Gelenkköpfe (*Ecker*); letzteres tritt als Verknöcherung von bleibenden Knorpeln (Rippen, Kehlkopf, Epiglottis [sehr selten]), von Sehnen (Exerzierknochen z. B.), an der *Dura*

mater und *Arachnoidea*, im Auge, Eierstocke, in fibrösen Häuten (*Membrana obturatoria*), in Enchondromen, in Fibroiden und Krebsen, in der Lunge (*Mohr's* haarhaltige Cyste) auf. Auch in diesen Fällen unterscheidet sich das Knochengewebe nicht wesentlich von gesundem, und geht bald aus knorpeligem, bald und zwar meist aus weichem Gewebe hervor (*Virchow* Arch. I. S. 137).

Zur Untersuchung der Knochen dienen vor Allem gute Schliffe. Mit einer feinen Säge entnimmt man dünne Lamellen und schleift dieselben mit Wasser auf einem feinen Schleifsteine mit dem Finger oder mit einem zweiten kleineren Steine einige Minuten (5—10), bis sie gleichmässig durchsichtig sind. Dann reinigt man den Schliff, indem man ihn, wenn er viel Fett enthält, auch mit Aether auszieht und benutzt ihn dann mit Wasserzusatz zur Erforschung der *Havers*ischen Kanäle und der Stellung der Knochenhöhlen, und mit Terpentin zur Prüfung der Lamellensysteme. Die Knochenzellen und ihre Ausläufer, die in Schliffen durch Luft dunkel und sehr deutlich sind, auch durch Zusatz von gefärbten Flüssigkeiten schön sichtbar gemacht werden können, werden von dünnerem Terpentin ganz ausgefüllt, so dass letztere grösstentheils, aber auch erstere sehr oft dem Auge entschwinden und dasselbe geschieht in Wasser und dickerem Terpentin, doch minder rasch, weshalb man auch, bevor dieselben überall eingewirkt, noch viele derselben schön sieht. Will man die Höhlen und Kanälchen bleibend sichtbar machen, so ist es das Beste, einen dünnen Schliff zu glätten, indem man ihn zwischen zwei Glasplatten reibt. Dann kann man denselben ohne Zusatz von Flüssigkeit untersuchen und erhält so vollständige Bilder, wie die Figg. 212, 214 sie wiedergeben. Auch in dickerem Kanadabalsam aufbewahrte Schliffe zeigen die Zellen sehr schön und bedürfen solche vorher keiner besonderen Glättung. — Nächst den Knochenschliffen ist die Untersuchung des Knochenknorpels das Lohnendste. Man verschafft sich solchen, wenn man Knochen in der Kälte so lange mit verdünnter Salzsäure (1 Theil Säure, 10—20 Theile Wasser) behandelt, bis in der oft gewechselten Flüssigkeit durch Ammoniak kein Niederschlag mehr erzeugt wird, wozu bei kleinen Knochenstückchen einige Stunden, bei ganzen Knochen mehrere Tage nothwendig sind. Vom erhaltenen Knochenknorpel macht man nun mit einem scharfen Messer Schnitte nach allen Richtungen und kann dieselben vorzüglich zur Untersuchung der *Havers*ischen Kanälchen und Lamellen, die sich auch von der Oberfläche abziehen lassen, benutzen. Auch die Knochenzellen sind noch sichtbar; ihre Ausläufer erscheinen als feine Streifung, und ihre Kerne treten ohne Weiteres und besonders auch nach Behandlung mit Kali oder in durch Kochen in Wasser halb aufgelöstem Knorpel hervor. Durch Erweichung in starker Salzsäure oder nach langem Kochen im *Papin*'schen Topfe (*Hoppe*) stellen sich selbst die die Knochenzellen (*Protoblasten*) umhüllenden Kapseln als sternförmige Gebilde mit zarten Wänden einzeln dar, oder wie im Cement des Pferdezahnes selbst mit rundlichen Knorpelkapseln ähnlichen Hüllen. Noch besser ist nach *Förster* zur Darstellung der Knochenkapseln mit allen Ausläufern Erweichen kleiner Stücke von Knochen oder Knochenknorpel in rauchender Salpetersäure mit Zusatz von etwas Glycerin. Gleichzeitig mit den Knochenkapseln erhält man bei diesen Behandlungsweisen auch die Wandungen der *Havers*ischen Kanäle und der Markräume isolirt als dünne häutige Bildungen. Nach langem Erweichen des Knochenknorpels in Wasser trennen sich die Lamellensysteme der *Havers*ischen Kanälchen mehr oder minder vollständig und kommen in Gestalt grober kurzer Fasern zwischen den grösseren Lamellen zum Vorschein (*Gagliardi's Claviculi*). — Setzt man die Knochen in einem Platintiegel einer starken Weissglühhitze aus, so verbrennen, indem der Knochen zuerst schwarz und schliesslich ganz weiss wird, die organischen Theile derselben und es bleiben bei gehöriger Vorsicht die erdigen Bestandtheile ganz in der früheren Gestalt des Knochens zurück, und eignen sich zur Erforschung des blätterigen Baues der festen Substanz und der Lamellensysteme der *Havers*ischen Kanälchen, die ebenfalls zum Theil einzeln hervortreten, wie auch in verwitterten Knochen. Für die mikroskopische Untersuchung der anorganischen Theile der Knochen glüht man Knochenschliffe in einem Platintiegel, doch müssen dieselben sehr fein sein, weil sie nachher wieder undurchsichtiger werden und ihrer Brüchigkeit wegen ausser in kleinen Bruchstücken nicht feiner sich schleifen lassen (*Bruns*), oder man kocht Schliffe in Kalilauge. An beiden sieht man die Knochenhöhlen deutlich und leer mit den Anfängen der Kanälchen in feinkörniger Grundsubstanz. Den natürlichen

Zustand der Knochenhöhlen sieht man leicht an ganz frischen Knochen an Schnittchen. *Sharpey*'sche Fasern untersucht man an Schnitten von Knochenknorpel namentlich bei Zusatz von *Ac. acetium*, dann beim Zerzupfen der Lamellen desselben und am schnellsten und sichersten durch Glühen von Knochenschliffen, oder Zusatz von Terpentinöl und Kanadabalsam zu solchen. Im ersteren Falle erscheinen die betreffenden Fasern als dunkle lufthaltige Röhrchen, die an die Stelle der unverkalkten, durch das Glühen zerstörten Fasern treten. Die Nerven der Knochen findet man an den *Arteriae nutritiae* grosser Röhrenknochen mit blossem Auge, an kleineren Gefässen mit dem Mikroskope leicht, die des Periostes untersucht man, nachdem man dasselbe durch Natron oder verdünnte Essigsäure durchsichtig gemacht hat. Zur Erforschung der Knorpel eignen sich die Rippen- und Gelenkknorpel am besten, in welchen die Kapseln der Knorpelzellen zum Theil ohne Weiteres, zum Theil nach Zusatz von Essigsäure und Natron, die die Grundsubstanz aufhellen, deutlich sind. Durch Kochen und Erweichung in Säuren und Alkalien stellen sich die Knorpelkapseln leicht einzeln dar, und dasselbe geschieht von selbst in den gelben Knorpeln namentlich von grossen Säugern. Die Entwickelung der Knochen untersuche man an einem Röhrenknochen und am Scheitelbeine und sind nach *H. Müller* besonders in Chromsäure oder in solcher mit etwas Salzsäure gelegene Stücke dienlich, denen man mit dem Rasirmesser feine Schnitte entnimmt, die noch durch Glycerin durchsichtiger gemacht und durch Auspinseln vom jungen Marke befreit werden können. Im letzeren Falle gewinnt man sehr lehrreiche Bilder der Art und Weise, wie die Knochensubstanz auf den verkalkten Knorpel sich ablagert, wogegen die *Osteoblasten* am besten an möglichst feinen unveränderten Schnitten besonders von Gesichtsknochen zu sehen sind. Auch rachitische Knochen sind in verschiedenen Beziehungen lehrreich.

Howship'sche Lakunen studirt man am leichtesten an in Salzsäure erweichten, vom Periost befreiten Knochen an Flächenschnitten der Resorptionsstellen, vor Allem der Gelenkenden der grossen Röhrenknochen und der Nebenhöhlen der Nase. Die Untersuchung der *Ostoklasten* ist leicht. Will man dieselben ganz frisch prüfen, so empfehlen sich vor Allem die Nebenhöhlen der Nase, namentlich die Stirnhöhlen, an denen man nach dem Abziehen der Schleimhaut und des Periostes dieselben theils am Periost anhaftend findet, theils am Knochen *in situ* wahrnimmt, von dem dünne oberflächliche Schnitte zu entnehmen sind. Immer isoliren sich hierbei auch eine Unmasse dieser Gebilde, an denen man leicht die Einwirkungen von Reagentien prüfen kann. In zweiter Linie sind *Ostoklasten* auch sehr leicht zu gewinnen beim Zerzupfen des Knochengewebes von Verknöcherungsrändern beliebiger Knochen.

Zum Studium der fraglichen Zellen *in situ* dienen Schnitte erweichter Knochen, z. B. des Gesichtes oder der platten Schädelknochen von Embryonen oder von Ossifikationsrändern, die sehr hübsche Bilder geben. Die unter dem Periost der langen Knochen gelegenen *Ostoklasten* bieten sich in solchen Fällen auch ganz schön dar, wenn man vorher die Beinhaut abzieht und dem Knochen oberflächliche Schnitte entnimmt. An allen erweichten Präparaten ist nachherige Färbung mit Karmin zu empfehlen, welcher besonders die Kerne der *Ostoklasten* deutlich vortreten macht.

Zur Untersuchung des Inneren der Knochen auf die Resorptionsvorgänge benutze man Quer- und Längsschnitte und färbe sie mit Karmin. Für das Studium der Verbreitung der Resorption in den periostalen und intrakartilaginösen Knochenablagerungen ergeben sich gewisse Stoffe als sehr geeignet, welche den intrakartilaginös gebildeten Knochen dadurch deutlich machen, dass sie die Reste der Knorpelgrundsubstanz und die neuen Ablagerungen echten Knochens verschieden färben. Solche Mittel sind Karmin, welcher die Knorpelreste farblos lässt, Hämatoxylin, das nach der Entdeckung von *Strelzoff* (l. s. c.) dieselben Reste intensiv violett färbt, dagegen bei vorsichtiger Anwendung den Knochen nicht verändert; endlich Chinolinblau, das nach *Ranvier*'s Mittheilung und eigener Erfahrung in Alkohol gelöst, den Knochen blau, die Knorpelreste violett tingirt, jedoch leider keine haltbaren Präparate giebt, da das Chinolinblau am Lichte nach und nach erblasst.

Sehr wichtig sind ferner zum Studium der Entwickelung der Knochen Färbungen mit Krapp (*Rubia tinctorum*), die bei jungen Hunden und Schweinen sehr leicht gelingen (s. die Abbildungen in meiner Resorptionsarbeit). Nach meiner Erfahrung sind alle durch Krapp sich rothfärbende Stellen solche, an denen neue Knochensubstanz sich

ablagert, dagegen können die farblos bleibenden Flächen nicht ohne Weiteres als Resorptionsstellen angesehen werden, vielmehr sind dieselben, wie oben schon gezeigt wurde, nur zum Theil solche, zum Theil indifferente, an denen weder Apposition noch Resorption statt hat und müssen daher solche Theile immer noch einer mikroskopischen Untersuchung unterzogen werden, bevor ein Urtheil über ihre Bedeutung möglich ist.

Litteratur der Knochen. Ausser den S. 114 und 123 aufgeführten Werken vergleiche man *F. Bidder*, in *Müll.* Arch. 1849, S. 292; *Vötsch*, Die Heilung der Knochenbrüche per primam intentionem. Heidelberg 1847; *Kölliker*, in Mitth. der Zürch. nat. Gesellsch. 1847. S. 93; *Rokitansky*, in der Zeitschrift der Wiener Aerzte 1848. S. 1; *L. Ullmann*, Disquis. de villis hominum superiorumque animalium. Dorpat 1855. c. 2 tab.; *Virchow*, in Verhandl. d. Würzb. phys. med. Ges. Bd. 1, Nr. 13 und Unters. über die Entw. d. Schädelgrundes. Berlin 1857; *Robin*, in Mém. de la société de Biolog. 1850. S. 179 und Gazette méd. d. Paris 1857. Nr. 14, 16; *Brullé* et *Huguény*, in Annal. des scienc. nat. 1845. Nov. S. 383; *Flourens*, Théorie expérimentale de la formation des os. Paris 1847. 8. avec 7 pl., *R. Maier*, Das Wachsthum der Knochen nach der Dicke, Freiburg im Br. 1856; *H. Müller*, in Würzb. Verhandl. Bd. VIII. S. 150 und in Zeitschr. f. rat. Med. 3. Serie, Bd. II. 1858; *Ch. Rouget*, Développement et Struct. du Syst. osseux. Paris 1856; *Fürstenberg*, in *Müll.* Arch. 1857. S. 1; *Ch. Aeby*, in Gött. Nachr. 1857, Nr. 23; *A. Baur*, in *Müll.* Arch. 1857. S. 347; *Kölliker*, in Würzb. Verh. I.; *Luschka*, Die Nerven in der harten Hirnhaut. Tüb. 1850; Die Nerven des Wirbelkanales und der Wirbel. Tüb. 1850; in Zeitschr. f. rat. Med. VII. N. F. S. 129; VIII. S. 222, in *Virch.* Arch. VII. S. 299; IX. S. 311; in *Müll.* Arch. 1855. S. 481; Die Halbgelenke des menschl. Körpers. Berlin 1858; *Rüdinger*, Die Gelenknerven d. menschl. Körpers. Erlangen 1857; *A. Rauber*, *Vater*'sche Körperchen der Bänder- und Periostnerven, 1865 Diss.; *R. Hein*, De ossium medulla. Berol. 1856; *C. Aeby*, in Zeitschr. f. rat. Med. Bd. IV. 1858. S. 39, 53; *L. Ollier*, in Journ. de la physiol. II. S. 1, 169 u. 468; ferner in Gaz. médic. de Paris 1859. Nr. 37 u. 1860. Nr. 12; in Journ. d. la physiol. III. S. 87; IV. S. 87; *N. Lieberkühn*, in Berliner Monatber. aus dem Jahre 1861. S. 264 u. 517; *H. Müller*, in Würzb. med. Zeitschr. Bd. I. S. 221; *W. A. Freund*, Beitr. z. norm. u. path. Histolog. d. Rippenknorpel, Breslau, 1858; *H. Meyer*, in Zeitschr. f. rat. Med. III. 1853. S. 143; *R. Volkmann*, in *Virch.* Arch. Bd. 24. S. 512 und Deutsche Klinik 1864. Nr. 22; *H. Welcker*, Unters. üb. Wachsth. u. Bau des menschl. Schädels. Th. I. Leipz. 1862; *H. W. Römer*, zur Entwickl. d. Ellbogengelenks. Marb. 1863. Diss.; *F. Strassmann*, Nonn. obs. ad ossium increment. pert. Berol. 1862. Diss.; *Robin*, in Journ. de l'Anat. et de la Physiol. I. S. 88 und Gaz. méd. 1865. Nr. 5, 7; *C. Gegenbaur*, in Jenaisch. Zeitschr. I. S. 1, III. S. 54 und Unters. z. vergl. Anat. d. Wirbelth. H. I. II. 1864—65; *J. Uffelmann*, in Deutsch. Klinik 1864. Nr. 15—19, Nr. 37 und Anat.-chir. Stud. od. Beitr. z. d. Lehre v. d. Knochen jug. Indiv. Hameln 1865; *C. Hüter*, in *Virch.* Arch. Bd. 29. S. 121; *Ollier*, Du Perioste 1865. Traité de la régénération des os 2. Tomes. Paris 1867 und Arch. de Phys. V.; *Bizzozero*, Sul midollo delle ossa 1869; *Neumann*, in Arch f. Heilk. Bd. X. 1868, med. Centralbl. 1882. Nr. 18 (Mark); *Wolfermann*, Arch. von *Reichert* 1872, (Architektur); *Levschin*, in Mélang. biolog. VIII u. Petersb. Bulletins XVII, 1872; *Heitzmann*, in Wien. med. Jahrb. 1872; *A. W. Volkmann*, in Leipz. Ber. 1873. (Chem. Zusammensetzung); *Hoyer*, in *Schwalbe's* Jahresbericht. S. 113 (Knochenmark); *Finger*, Benmarvens udvikling 1873 (Knochenmark); *Tillmanns* Mikr. Arch. X. 1874. (Gelenke); *Rustizky*, in *Virch.* Arch. Bd. 59. 1874. (Resorption); *Heuberger*, in Würzb. Verh. Bd. VIII. (Knochenresorption); *Renaut, J.*, in Arch. d. Phys. 1875. (elast. Fasern d. Vogelknochen); *Stieda*, in Mikr. Arch. XI. 1875; *Steudener*, in Hallens. Abh. 1875; *Schulin*, in *His* u. *Braune's* Zeitschr. II. 1877. (Architektur), Marb. Ber. 1875. (Wachsthum); *Haab*, Unters. d. path. Inst. in Zürich. III. (Wachsthum); *Langer*, Wien. Denkschr. Bd. 36. (Gefässe); *Lieberkühn* u. *Puelma*, Marb. Ber. 1876; *Lieberkühn* u. *Bermann*, in *Senkenberg*'schen Abh. XI. 1877. (Krapp-Versuche); *Haas, H.*, in Arch. f. klin. Chir. XX. 1877. (Wachsthum); *Masquelin*, in Bull. belges. 1878. (Unterkiefer); *Brock*, in Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 27. (Unterkiefer); *Baumüller*, in Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 32. (Unterkiefer); *Schaffer, D.*, in Arch. f. Mikr. Anat. Bd. 32. (Unterkiefer); *Humphry*, in Journ. f. Anat. u. Phys. XII.

1878. (Max. inf.); *Kastschenko*, in Mikr. Arch. Bd. 19. 1881. (Entw. d. Knochen des Frosches); *Lesshaft*, in *Virch.* Arch. Bd. 87, 1882. (Ursache der Knochenformen); *Schneidemühl*, in Arch. f. mikr. Thierheilk. X. 1884. (Gelenke); *Brösike*, in Mikr. Arch. Bd. 21 u. 26; *C. Toldt*, in Zeitschr. f. Heilkunde. Bd. V. 1884. (Unterkiefer); *Tafani*, in lo Sperimentale 1885 (*Sharpey*'sche Fasern) u. Arch. ital. de Biol. VIII; *G. Egger*, Beitr. z. Lehre v. interstit. Knochenwachsthum. 1885. Diss.

Vom Muskelsysteme.

§ 103.

Zum Muskelsysteme gehören alle quergestreiften Muskeln, welche sammt ihren Hilfsorganen, den Sehnen und Fascien, zur Bewegung des Skeletes, der eigentlichen Sinnesorgane und der Haut dienen. Dieselben liegen zwischen Haut und Knochen und zwischen den Knochen selbst und können nur in physiologischem Sinne als ein Ganzes angesehen werden, während sie vom Standpunkte der Morphologie aus nur mit dem Skelete zusammen ein System darstellen, welches das motorische genannt werden kann.

§ 104.

Das Element der quergestreiften Muskeln, die Muskelfaser oder das Muskelprimitivbündel, besteht, wie schon im § 37 angegeben wurde, 1. aus einer Hülle, dem Sarcolemma, 2. den zusammenziehungsfähigen Fibrillen und 3. einer Zwischensubstanz, dem *Sarcoplasma* von *Rollet* (*Sarcoglia, Kühne*), mit den von mir sog. interstitiellen Körnchen und Zellenkernen.

Als Ganze aufgefasst erscheinen die Muskelfasern frisch als drehrunde, gelbliche oder gelbröthliche, durchscheinende, lange, schmale Fäden von bedeutender Weichheit und Biegsamkeit und ausgezeichnet durch eine besondere Streifung, die ihre Unterscheidung von anderen Elementen meist sehr leicht macht. In der Regel ist diese Streifung eine sehr ausgeprägte Querstreifung, zu der dann noch eine zarte undeutlichere Längsstreifung sich gesellt, doch zeigen sich in dieser Beziehung so viele Abänderungen, dass es nicht möglich ist, dieselben alle zu besprechen. An dem einen Ende stehen Muskelfasern, die nur Querstreifen besitzen und an diesen zeigen sich dann in ganz regelmässigen Abständen dunkle Querstreifen von wechselnder aber immer geringer Breite mit hellen meist schmäleren Zonen dazwischen, Bildungen, die, wenn die Muskelfasern unter ganz natürlichen Verhältnissen in Ruhe sich befinden, alle quer und einander parallel verlaufen, im entgegengesetzten Falle die mannigfachsten Biegungen und Zickzacklinien beschreiben. Die andere Endform, Muskelfasern, die nur Längsstreifen besitzen, ist seltener und findet man in diesem Falle entweder eine ganz regelrechte feine Längsstreifung, wie wenn die Muskelfaser aus zahlreichsten feinsten Fäserchen bestünde, oder in etwas grösseren Abständen verlaufende Linien, so dass Abtheilungen von 3,3 bis 4,5 μ Breite entstehen, oder beides vereint. Am häufigsten endlich sind der

Quere und der Länge nach gestreifte Bündel mit den mannigfachsten Graden der Deutlichkeit und Schärfe der einen und der anderen Streifen.

Von den Bestandtheilen der Muskelfasern sind die Fibrillen und die Zwischensubstanz zuerst im Allgemeinen zu besprechen. Eine jede Muskelfaser besteht der Hauptmasse nach aus einem Bündel von feinen Fäserchen, welche als die einzigen verkürzungsfähigen Elemente auch physiologisch als der wichtigste Bestandtheil derselben erscheinen. Diese Fibrillen bilden jedoch nicht durch die ganze Muskelfaser Ein zusammenhängendes Bündel, vielmehr

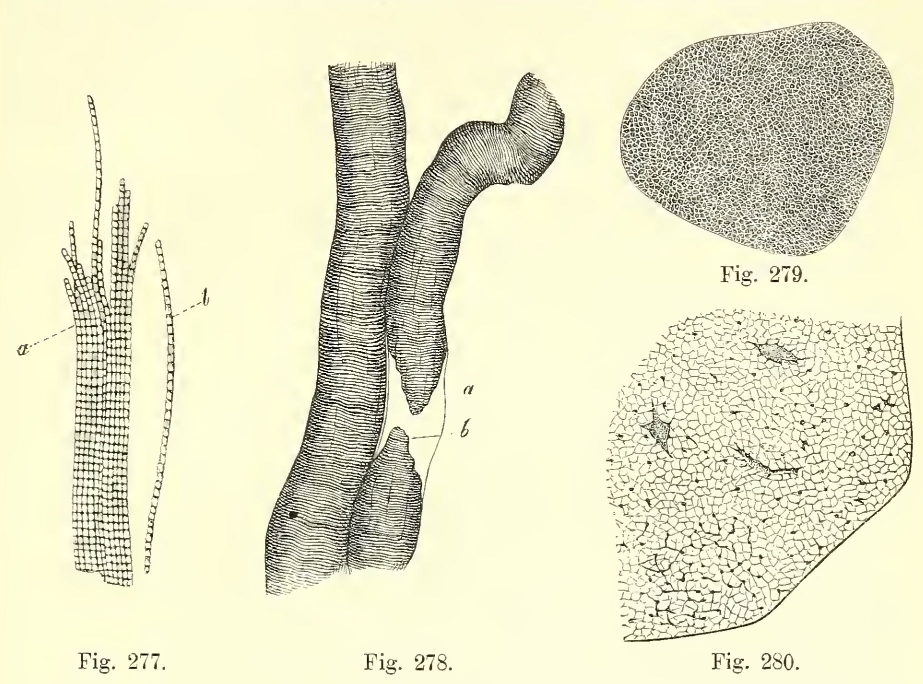


Fig. 277. Fig. 278. Fig. 279. Fig. 280.

werden sie durch eine in ziemlicher Menge vorhandene Zwischensubstanz in untergeordnete Bündel eingetheilt, denen ich den Namen Muskelsäulchen, *Columnae musculares*, gab. Je nach der Menge der Zwischensubstanz und dem Reichthume derselben an interstitiellen Körnchen erscheinen diese Säulchen verschieden gross und verschieden scharf begrenzt, doch stellen dieselben im Allgemeinen rundlich eckige, bei Säugern 1,3—2,5 μ (Fig. 279), beim Frosche (Fig. 280) 2 — 5 μ breite Bündel dar, welche auf dem Querschnitte frischer

Fig. 277. Primitivfibrillen aus einem Primitivbündel des Axolotl (*Siredon pisciformis*). *a* Ein kleines Bündel von solchen. *b* Eine einzelne Fibrille. 600 Mal vergr.

Fig. 278. Zwei Muskelfasern des Menschen. 350 Mal vergr. In der einen ist das Fibrillenbündel *b* gerissen und das Sarcolemma *a* als leere Röhre zu sehen.

Fig. 279. Eine Muskelfaser des Kaninchens im Querschnitte aus einem gefrorenen Muskel mit Kochsalz von $^1/_2$% zur Darstellung der *Cohnheim*'schen Felder. Vergr. 400.

Fig. 280. Ein Theil des Querschnittes einer Muskelfaser des Frosches mit Essigsäure behandelt und 570 Mal vergr. Man sieht 3 Kerne, die polygonalen Enden der Muskelsäulchen oder die *Cohnheim*'schen Felder und in der Zwischensubstanz da und dort interstitielle Fettkörnchen.

mit Kochsalz von 1/2 % behandelter Muskelfasern eine mehr weniger deutliche feine Mosaikzeichnung erzeugen, die von *Cohnheim* zuerst genauer beschrieben wurde, und auch an Längsansichten besonders längsstreifiger Muskelfasern meist bestimmt zu erkennen ist. Diese Fascikel und ihre Querschnitte, die sogenannten *Cohnheim*'schen Felder, sind bei allen cylindrischen Muskelfasern regelmässige, in der ganzen Länge derselben verlaufende Bildungen und dasselbe gilt in diesem Falle auch von den Fibrillen; bei spindel- oder kegelförmigen, dann bei verästelten Muskelfasern dagegen, bei denen an den frei auslaufenden Enden je länger um so weniger Fibrillen und Säulchen sich finden, müssen beiderlei Elemente im Innern der Muskelfasern in verschiedenen Höhen enden, Verhältnisse, die jedoch an Längsansichten der Beobachtung sich entziehen, an Querschnitten dagegen aus der Abnahme der Zahl der Säulchen und der Durchmesser einzelner derselben sich ergeben.

Wenn auch die Muskelsäulchen im Allgemeinen bei den Wirbelthieren im Querschnitte rundlich polygonal erscheinen, so giebt es hiervon doch Ausnahmen und weiss man durch die Untersuchungen von *v. Gehuchten*, *mir* und *Rollet*, dass bei Fischen auch zierliche bandförmige Säulchen vorkommen (Fig. 281), die am schönsten beim Seepferdchen (*Hippocampus*) ausgeprägt sind. *Leydig*, *Ranvier*, *ich* und *Rollet* sahen bei Fischen auch mächtige Ansammlungen des *Sarcoplasma* mit Kernen unmittelbar unter dem *Sarcolemm* (Fig. 282).

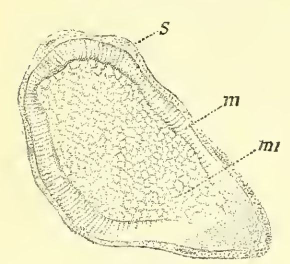


Fig. 281.

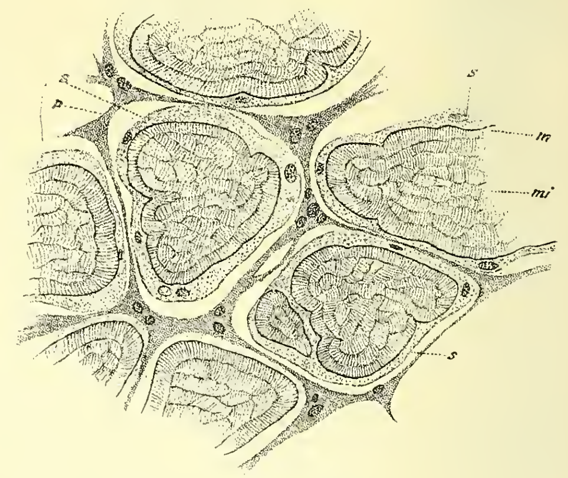


Fig. 282.

Die *Cohnheim*'schen Felder und die Muskelsäulchen sind nun übrigens nicht gleichartig, wie *Cohnheim* annahm, vielmehr bestehen dieselben, wie aus dem Gesagten schon hervorgeht, aus einer gewissen Zahl von Muskelfibrillen und auch zwischen diesen findet sich noch in äusserst geringer Menge ein gleich-

Fig. 281. Muskelfaser aus den Seitenrumpfmuskeln von *Cyprinus carpio* quer mit *Sarcoplasma*-Hülle *s* und bandförmigen Muskelsäulchen *m* an ihrer Peripherie, cylindrischen *mi* im Innern. Starke Vergrösserung.

Fig. 282. Muskelfasern der Seitenlinie des Karpfen, quer, in Alkohol erhärtet. *s Sarcolemma* mit der oberflächlichen kernhaltigen *Sarcoplasma*-Schicht; *p Perimysium internum*; *m* oberflächliche bandförmige Muskelsäulchen, *mi* Innere ebenfalls meist bandförmige Säulchen, z. Th. zu grösseren Abtheilungen verbunden.

artiges Querbindemittel, das jedoch nur bei ganz starken Vergrösserungen erkannt wird und keine interstitiellen Körner enthält. Dieses Bindemittel bekleidet und umhüllt die Fibrillen in ihrer ganzen Länge und hängt mit der Zwischensubstanz der Muskelsäulchen zusammen, mit der es offenbar identisch ist. Man kann daher vielleicht zweckmässiger das Verhalten der Zwischensubstanz und der Fibrillen auch so beschreiben, dass man sagt: Der Inhalt einer Muskelfaser besteht aus einem Bündel Fibrillen, die durch eine homogene Zwischensubstanz zusammengehalten werden, die stellenweise in grösserer Menge angesammelt ist und hier die interstitiellen Körnchen enthält. Je nachdem diese Ansammlungen und die Körnchen zahlreicher oder minder häufig sind, sind auch die Muskelsäulchen grösser oder kleiner, schärfer oder schwächer ausgeprägt.

Die Muskelfibrillen, *Fila* s. *Fibrillae musculares*, bilden, wie schon erwähnt, den wichtigsten Theil der Muskelfasern und sind als normale, vorgebildete Bestandtheile derselben zu betrachten, obschon sie nicht aus jeder frischen Muskelfaser zur Anschauung gebracht werden können. Am leichtesten erkennt man sie an todtenstarren Muskeln, an mit Alkohol und Chromsäure behandelten Muskelfasern, dann an den frischen Muskelfasern des Herzfleisches der Säuger und den Rumpfmuskeln der geschwänzten Amphibien und vieler Fische, besonders der Neunaugen. Isolirt sind dieselben seltener glatt, vielmehr in der Regel sehr zierlich mit Querstreifen besetzt, und sind es eben diese Querstreifen, welche, indem in einer Muskelfaser die Streifen aller Fibrillen normal in denselben Höhen liegen, das quergebänderte Ansehen der ganzen Fasern bedingen. Eine nähere Untersuchung der quergestreiften Fibrillen ergiebt, dass die Querstreifung in der Regel so auftritt, dass jede Fibrille regelmässig in hintereinanderliegende dunklere und hellere kleine Abschnitte zerfällt, von denen bei den Wirbelthieren die ersteren gewöhnlich grösser (länger) sind und meist als Vierecke, oder als der Länge nach stehende Rechtecke erscheinen, während die letzteren meist nur als ganz schmale Bänder auftreten oder höchstens als querstehende ganz schmale Rechtecke sich zeigen. Unter besonderen Umständen (durch Erweichung in Wasser, die Einwirkung des Magensaftes, lange Einwirkung schwachen Alkohols, durch Druck u. s. f.) trennen sich die Fibrillen der Art, dass sie immer zwischen zwei dunklen Streifen oder Abschnitten brechen und in kleine rundlich eckige Stückchen zerfallen, welche von *Bowman* mit dem Namen primitive Fleischtheilchen (*primitive particles, sarcous elements*) bezeichnet und für die eigentlichen Elemente der Muskelfasern erklärt worden sind. Nach *Bowman* sind diese Fleischtheilchen in den Muskelfasern theils der Länge, theils der Quere nach verbunden. Lösen sich die seitlichen Verbindungen derselben, so zerfällt eine Faser in Fibrillen, im entgegengesetzten Falle zerlegt sich dieselbe in Scheiben (*Discs*), welche letztere Trennung, wie *Bowman* annimmt,

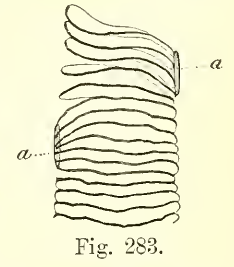


Fig. 283.

Fig. 283. Ein Stück einer aus dem Sarcolemma herausgetretenen Muskelfaser eines Kaninchens, durch Erweichung in Salzsäure von 1 pro mille in *Discs* zerfallen. *a* Kerne. 350 Mal vergr.

wenn auch nicht so häufig, doch ebenso naturgemäss ist und kann man die Muskelfasern nach ihm ebensogut für Säulen von dünnen Scheiben als für Bündel von Fibrillen halten. Zerfällt eine Muskelfaser ganz und gar in der Richtung der Quer- und Längsstreifen, so entstehen dann die schon erwähnten primitiven Fleischtheilchen.

Dieser Auffasung gegenüber, die mit gewissen Abweichungen von vielen Forschern getheilt wird, muss ich wie schon seit langem sowohl die *Discs* als die *Sarcous elements* für Kunsterzeugnisse erklären. Was die *Discs* anlangt, so könnte das Auftreten derselben nur dann von Belang sein, wenn dasselbe ebenso häufig wäre, wie das der Fibrillen, und auch an frischen Muskeln hie und da vorkäme, allein dies ist nicht der Fall, denn es ist an frischen Muskeln kaum je eine Andeutung von einem Zerfallen in Scheiben zu sehen und auch an macerirten Fasern das Sichtbarwerden solcher eher eine seltene Erscheinung, während auf der anderen Seite die Darstellung der Fibrillen fast in jedem Muskel zu erzielen ist. Allerdings kann man *Discs* sehr leicht und in Menge erhalten, wenn man die Muskelfasern eine Zeitlang in Salzsäure von $^1/_{500}$—$^1/_{1000}$ (*Lehmann*, *Funke*, *Harting* u. a.) oder längere Zeit in *Acid. acetic. concentr.*, oder einige Tage in meiner sehr verdünnten Essigsäure (8 gtt auf 100 ccm Wasser) erweicht, allein durch diese Mittel wird die Muskelsubstanz so angegriffen, dass dieses Zerfallen keinen Schluss auf den natürlichen Bau derselben gestattet und nicht daran zu denken ist, die Theilstücke die man erhält, mit den Fibrillen zu vergleichen, die im Ganzen so leicht darzustellen sind. Gegen die Annahme von *Bowman* spricht ausserdem noch das Vorkommen einer körnerführenden Zwischensubstanz in den Muskelfasern, und macht dasselbe klar, dass von einem Zusammenhange der *Sarcous elements* der Quere nach durch das ganze Primitivbündel und von einer Gleichstellung der Spaltung in Fibrillen und in *Discs* nicht die Rede sein kann.

Ebenso wie die *Discs* muss ich auch die Fleischtheilchen *Bowman's* für Kunsterzeugnisse erklären. Meiner Meinung zufolge sind die Fibrillen ursprünglich in ihrer ganzen Länge aus Einer und derselben Substanz gebildet, an welcher jedoch im Zusammenhange mit den Zusammenziehungen dichtere (die dunklen Stellen) und minder dichte Stellen sich ausbilden, in ähnlicher Weise, wie auch ein in Essigsäure sich verkürzendes Bindegewebsbündel querstreifig wird. So erwerben die einzelnen Strecken der Fibrillen nach und nach eine gewisse, wenn auch nicht chemische oder physiologische doch physikalische Verschiedenheit, und hiervon, d. h. von der geringeren Dichtigkeit der hellen Abschnitte, rührt es dann her, dass die Fibrillen und Fasern hier brechen und von Reagentien, welche die Muskelsubstanz auflösen, etwas mehr angegriffen werden, als an den anderen Stellen. Für diese meine Auffassung der Gliederung der Fibrillen mache ich nun noch folgende Thatsachen namhaft.

1. Bei vielen Thieren, deren Muskelfasern quergestreift sind, kommen unter gewissen Verhältnissen Fasern und Fibrillen vor, die keine Querstreifen, keine Abwechselung von dunklen und hellen Theilchen zeigen.
2. Die dunklen Querstreifen sind sowohl an lebenden als todten Muskeln bei einem und demselben Thiere in ihrer Grösse (Länge und Breite)

sehr veränderlich, wie besonders die Muskeln von Insekten und Krustern, aber auch die der Wirbelthiere lehren.

3. Selbst an einer und derselben Fibrille ist die Zahl und Grösse der dunklen Stellen eine sehr wechselnde. So hat z. B. beim Frosche eine Fibrille an einer Stelle vier- oder rechteckige dunkle Stellen und schmale Zwischenräume. An einer anderen Stelle sind alle *Sarcous elements* durch eine Querlinie abgetheilt, wie doppelt. Oder die hellen Theile sind ebenso gross wie die dunklen, ja es kann selbst in den hellen Stellen wieder eine dunkle Querlinie auftreten.
4. Die darstellbaren Fleischtheilchen entsprechen bei den einen Thieren den dunklen Zonen der Fibrillen, bei den anderen den hellen Abschnitten derselben, und habe ich letzteres schön beim Flusskrebse gesehen.
5. Ein wesentlicher chemischer Unterschied zwischen den dunklen und hellen Stellen der Fibrillen findet sich nicht und lösen alle Reagentien, die die hellen Stellen zerstören, etwas später auch die dunklen, welches Verhalten bei meiner Annahme einer verschiedenen Dichtigkeit beider Stellen hinreichend sich erklärt.

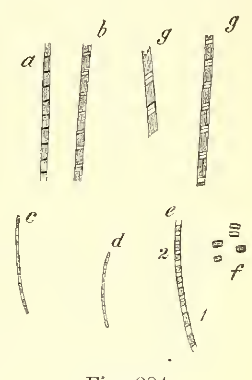


Fig. 284.

Die wichtigen Entdeckungen *Brücke's*, denen zufolge nur die dunklen Glieder der Muskelfasern doppeltbrechend sind, widersprechen, wie mir scheint, meiner Auffassung des Baues der Fibrillen nicht, indem auch ich an den Fibrillen Stellen von grösserer und geringerer Dichtigkeit annehme. Nach *Brücke* stellt jedes dunkle Glied einer Fibrille eine ganze Gruppe kleiner doppeltbrechender Körper dar, welche letzteren *Brücke Disdiaklasten* nennt. Nach meiner Auffassung würden auch die hellen Glieder solche Disdiaklasten enthalten, jedoch in einer solchen Anordnung, dass sie nicht als Gruppen zur Anschauung kommen, in ähnlicher Weise, wie *Brücke* von den glatten Muskelfasern es annimmt.

Von den Fibrillen ist nun noch zu erwähnen, dass dieselben auch an den Querschnitten von Muskelfasern sichtbar sind, doch sieht man dieselben allerdings nur unter besonderen Verhältnissen und bezieht sich alles, was früher als solche beschrieben und abgebildet wurde, entweder auf die *Cohnheim*'schen Felder oder die interstitiellen Körner. Bei meinen im Jahre 1866 angestellten Untersuchungen vermochte ich an keiner ganz frischen Muskelfaser am Quer-

Fig. 284. Fäserchen, wie man sie bei der natürlichen Zersetzung der Muskelfasern des Flusskrebses erhält, von denen nur die feinsten wirkliche Fibrillen, die grösseren Muskelsäulchen sind. *a* Fäserchen mit schmalen dunklen Querstreifen, wie sie regelrecht an den Bündeln sich finden. *b* Ebensolche, in der Gegend der Querstreifen hell geworden. *c d* Wirkliche Fibrillen, im Zerfallen in grössere und kleinere Theilchen begriffen, die nicht den früheren dunklen, sondern den hellen Gliedern entsprechen. *e* Ein dito Fäserchen, bei 1 mit grösseren, bei 2 mit kleineren Abschnitten, alle den hellen Gliedern entsprechend. *f* Die Theilchen, die endlich aus dem Zerfallen solcher hervorgehen. *g g* Fäserchen, bei denen die hell gewordenen dunklen Glieder in der Mitte noch eine dunkle Linie zeigen.

schnitte mit Bestimmtheit Fibrillen zu sehen, wohl aber gaben Querschnitte mit Alkohol und Chromsäure erhärteter Muskeln, namentlich die letzteren, ganz bestimmte Bilder und zeigten die Fibrillen als theils ringsherum begrenzte, theils mit andern zu den *Cohnheim*'schen Feldern verklebte Ringelchen und Felderchen von 1,0—1,5 μ Breite.

Die Zwischensubstanz der Fibrillen, das *Sarcoplasma* von *Rollet* (*Sarcoglia, Kühne*) scheint mir der von *Kühne* nachgewiesene flüssige Bestandtheil der Muskelfasern zu sein. Dieselbe gerinnt in Alkohol und Chromsäure, löst sich dagegen in Wasser, verdünnten Säuren und kaustischen Alkalien auf, was zur Folge hat, dass in diesen Flüssigkeiten die die Zwischensubstanz enthaltenden spaltenförmigen Räume zwischen den Fibrillen wie ein feines Kanalsystem erscheinen, das gewisse Autoren irrthümlich als einen normalen Bestandtheil der Muskelfasern angesehen haben. In dieser Zwischensubstanz liegen

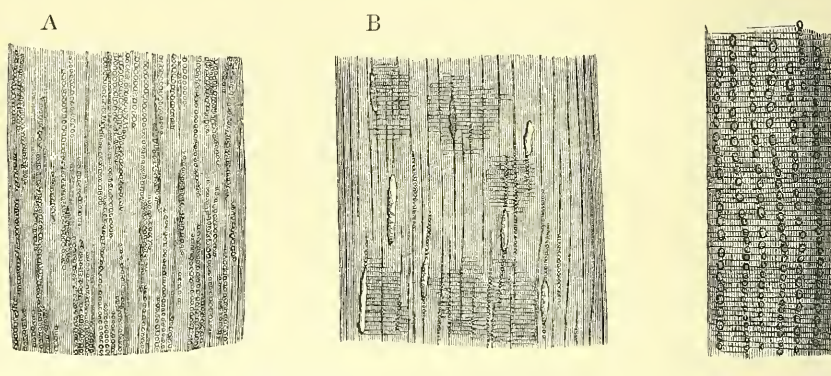


Fig. 285. Fig. 286.

da und dort die von mir sogenannten interstitiellen Körner, von *Henle* und mir schon seit Langem erwähnte Bildungen, deren grosse Verbreitung und beständiges Vorkommen bei vielen Thieren von mir nachgewiesen wurde. Dieselben finden sich bei allen Wirbelthierklassen und auch beim Menschen oft in ungeheuerer Menge, wie namentlich im Herzfleische, bei Amphibien, in den Thoraxmuskeln der Insekten und in den Muskeln des Krebses, und scheinen mir alle Beachtung zu verdienen, namentlich auch deswegen, weil wahrscheinlich sie es sind, die in die längst bekannten dunklen (Fett?) Körnchen der Muskelfasern sich umwandeln, die beim Menschen kaum je fehlen und auch bei gewissen Thieren (Winterfröschen, gewisse Muskeln von Fischen) typisch sind (Fig. 286). Beim Frosche zeigen diese Körner einen bedeutenden Widerstand gegen kaustische Alkalien und Essigsäure und erscheinen frisch und nach Zusatz ersterer als blasse runde Körner fast von der Grösse der *Sarcous elements*, wogegen sie nach Essigsäure in Folge der Zusammendrückung durch die quellenden

Fig. 285. *A* Muskelfaser des Frosches frisch in *Humor vitreus*, um die interstitiellen Körner zu zeigen. *B* Eine solche getrocknet in Wasser aufgeweicht und mit stärkerer Essigsäure behandelt. Kerne geschrumpft, zackig, Reihen interstitieller Körner zusammengedrückt, wie elastische Fasern aussehend. 350 Mal vergr.

Fig. 286. Muskelfaser von *Hexanchus* mit Fettkörnchenreihen. St. Vergr.

Fibrillen als feine, dunkleren elastischen Fasern ähnliche Streifen zum Vorschein kommen. Bei Insekten sind dieselben nachweisbar Bläschen, die in Wasser schön aufquellen, einen Theil ihres Inhaltes abgeben, aber mit dem Reste sehr widerstandsfähig sind und erst beim Kochen in *Kali causticum* und nach 24 Stunden langer Behandlung mit konzentrirter Salpetersäure in der Kälte sich lösen.

Die Muskelfasern sind von einem zarten glatten Häutchen, dem *Sarcolemma* oder *Myolemma* genau umgeben, das nicht mit den inneren bindegewebigen Scheiden der Muskeln zu verwechseln ist und bei den Wirbelthieren sicher die Bedeutung einer Zellenmembran hat. Dasselbe ist am stärksten bei den nackten Amphibien und hier bis zu 1,1 μ dick und auch von der Fläche fein punktirt, sehr fein, doch leicht nachzuweisen bei den Säugern.

An der Innenseite des *Sarcolemma* finden sich beständig Kerne, in grosser Zahl, deren Nachweis namentlich durch Essigsäure und starke Lösungen kaustischer Alkalien leicht ist, aber auch an unveränderten Fasern keine Schwierigkeiten macht (contra *v. Gehuchten*). Linsen- und spindelförmig von Gestalt, mit einem oder zwei *Nucleolis* und von 6 — 11 μ und mehr Länge stehen dieselben ohne Gesetzmässigkeit bald zu zweien oder mehreren in einer Höhe, bald abwechselnd auf der einen und anderen Seite oder reihenweise hintereinander über die Oberfläche des Fibrillenbündels zerstreut und sind die Stellen derselben nicht selten durch stärkere Ansammlungen der eben erwähnten interstitiellen oder von Fettkörnchen ausgezeichnet. Was die Thiere anlangt, so liegen die Kerne bei manchen (Amphibien, Fische) durch die ganzen Muskelfasern zerstreut, bei anderen (Vögel z. Th., Säuger) wie beim Menschen, innen am *Sarcolemma*. Bei den Tauben und Hühnervögeln finden sich nach *Rollet* beide Verhältnisse. Beide Amphibien sind (*ich*, *Weismann*) die Kerne manchmal einzig und allein im Innern der Bündel und zwar in einfachen oder mehrfachen, oft sehr langen Längsreihen zu finden, Verhältnisse, die auch bei Säugern vorkommen und mit der Entwickelung von Muskelfasern durch Längstheilung zusammenhängen (s. unten). Beim Frosche hat neulich *v. Gehuchten* an

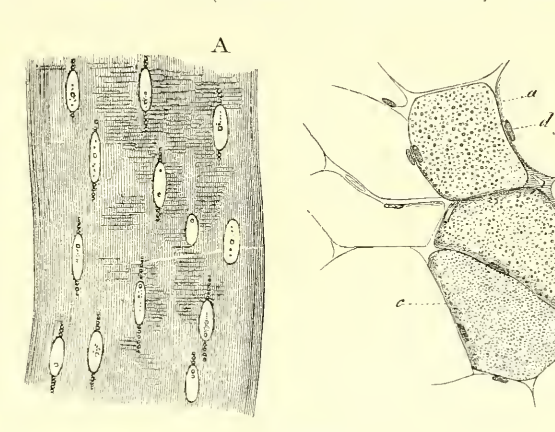


Fig. 287.

Fig. 287. *A* Primitivbündel des Frosches mit $\overline{A}$ behandelt, um die Kerne zu zeigen. *B* Querschnitt von einigen Muskelfasern des Menschen. Bei *a* und *b* entsprechen die Pünktchen den Reihen der interstitiellen Fettkörnchen, bei *c* sind nur blasse feine Punkte sichtbar, die von den *Cohnheim*'schen Feldern herrühren, *d* Kerne der Fasern, dicht am *Sarcolemma*. 350 Mal vergr.

frischen, mit Citronensaft behandelten, dann ausgewaschenen und mit Methylgrün gefärbten Muskelfasern in der grossen Mehrzahl der Kerne einen spiralig aufgerollten *Nuclein*-Faden gefunden.

Wenn die Kerne der Muskelfasern an ihren Enden kurze Reihen von dunklen interstitiellen Körnchen tragen, so stellen sie die Muskelkörperchen von *Max Schultze* dar, die jedoch nicht die Bedeutung von Zellen haben, wie dieser Autor annahm und noch manche Neueren glauben.

Die Gestalt der Muskelfasern ist eine rundlich vieleckige. Ihre Stärke geht von 11—80 μ und darüber; am Rumpfe und an den Gliedern sind dieselben ohne Ausnahme stärker als am Kopfe (33—67 μ), wo namentlich die Antlitzmuskeln durch geringe Dicke (11—34 μ) ihrer Fasern sich auszeichnen, wobei jedoch zu bemerken ist, dass in einem und demselben Muskel oft grosse Abweichungen sich finden. Nach Allem was man weiss, zeigen sich bei Männern und Weibern, schwächlichen und kräftigen Menschen in der Dicke der Muskelfasern keine durchgreifenden Verschiedenheiten, dagegen möchte es leicht sein, dass hier die eine Endzahl, dort die andere die vorwiegendere wäre. Die Dicke der Primitivfibrillen beträgt nach *Harting* 1,0—1,7 μ und die Zahl derselben in einem Bündel muss sich bei stärkeren solchen gegen 2000 belaufen, ist jedoch nicht genau bekannt. Die Abstände ihrer Querstreifen wechseln gewöhnlich zwischen 0,9—2,2 μ (nach *Harting* zwischen 2,0—3,5 μ).

In pathologischen Fällen finden sich bei Muskelhypertrophie Fasern bis zu 130—165 μ und bei der *Dystrophia muscularis* bis zu 200 μ und mehr (*Erb*).

Die Muskelfasern der Gliederthiere sind für die richtige Auffassung des Baues der quergestreiften Fasern der höheren Geschöpfe von einer solchen Wichtigkeit, dass hier noch die wesentlichsten Verhältnisse derselben zur Erörterung kommen sollen.

Diese Muskelfasern zerfallen in zwei Hauptabtheilungen, erstens in typische oder entschieden quergestreifte von wesentlich demselben Baue, wie diejenigen der Wirbelthiere und zweitens in atypische oder fibrilläre, welche einzig und allein bei den Thoraxmuskeln von gewissen fliegenden Insekten sich finden.

Die typichen Muskelfasern der *Arthropoden* zeigen eine grosse Mannigfaltigkeit der Querstreifung, indem die einfacheren oben erwähnten Formen, die eine Abwechselung dunkler und heller Querstreifen, ferner einen dunklen Zwischenstreifen in den hellen Gliedern und einen hellen solchen in den dunklen Theilchen zeigen, nur seltener vorkommen, vielmehr häufig verwickeltere Verhältnisse sich finden (Fig. 289), zu deren Bezeichnung die Nomenklatur von *Rollet* am meisten sich empfiehlt. In dem grössten doppeltbrechenden Abschnitte Q, welcher der Hauptsache nach den Fleischtheilchen von *Bowman* entspricht kann eine hellere, schmale Mittelscheibe h, auch die *Hensen*'sche Scheibe genannt, vorkommen, so dass dann Q aus drei Abschnitten besteht. Ferner können an den Enden von Q zwei ebenfalls anisotrope oder doppelt brechende Scheiben, die Nebenscheiben N sich finden, die durch eine isotrope Schicht J von Q getrennt sind. In der isotropen Lage, die den hellen Gliedern der Muskelfasern der Wirbelthiere entspricht, ist bei allen Gliederthieren eine doppelt

brechende **Zwischenscheibe** *Z* wahrzunehmen, welche durch zwei isotrope Lagen *E* begrenzt und von *N* geschieden wird oder es liegt zwischen den beiden *Q* nur die Zwischenscheibe *Z* und zwei helle isotrope Bänder *J* (Fig. 288). In diesem Falle bestehen die Glieder aus *Z, J, Q, H, Q, J, Z*, im ersteren aus den Schichten *Z, E, N, J, Q, H, Q, J, N, E* und endlich wieder *Z*, ja es können in selteneren Fällen noch mehr Unterabtheilungen vorhanden sein.

Des Ferneren ist zu beachten, dass bei den *Arthropoden* die Glieder *Q* meist erheblich länger sind als bei den Wirbelthieren, so dass, wenn die auch hier vorhandene Längsfaserung deutlich ist, die Muskelfasern das Bild gewähren, als ob sie aus langen dunklen Stäbchen und je drei dunklen Körnerreihen beständen, während in den hellen Gliedern *J* und *E* die Längsstreifung oft wenig ausgesprochen ist.

Die genannten Stäbe und Körner mit den hellen Zwischentheilen entsprechen den Muskelsäulchen der Muskelfasern der höheren Thiere und zerfallen diese Säulchen unter denselben Verhältnissen wie bei diesen in feinste Fibrillen. Auch *Discs* lassen sich bei den *Arthropoden* erhalten, bei den Insekten nach *Rollet* am

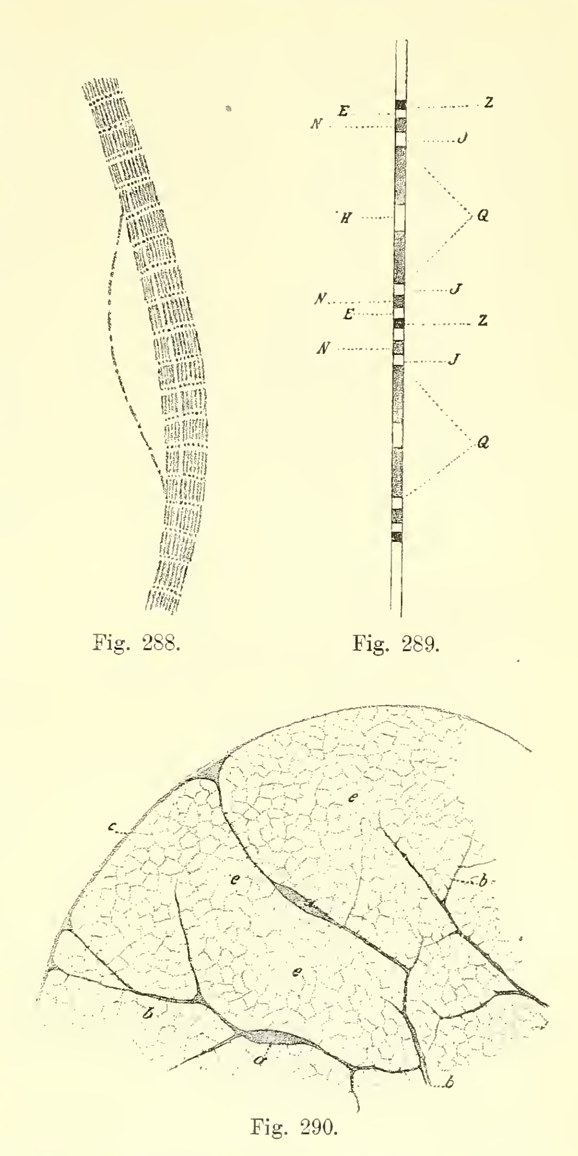


Fig. 288. Fig. 289. Fig. 290.

Fig. 288. Einige Muskelsäulchen aus den Scheerenmuskeln des Krebses mit langen *Q*, schmalen dunklen *Z* und hellen *J*. Stärkere Vergr.

Fig. 289. Ein Muskelsäulchen eines *Arthropoden* mit den verschiedenen Gliedern. *Q* Anisotropes Glied mit *H* der *Hensen*'schen Mittelscheibe. *N* Anisotrope Nebenscheiben. *Z* Zwischenscheibe. *J* Isotropes Glied zwischen *Q* und *N*. *E* Isotropes Glied zwischen *N* und *Z*. Schema.

Fig. 290. Ein Theil eines Querschnittes einer Muskelfaser des Flusskrebses. *a* Kerne. *b* Stärkere *Sarcoplasma*-Züge im Inneren. *e* Feinere solche, die die Muskelsäulchen begrenzen. *c Sarcolemma* mit oberflächlicher Lage von *Sarcoplasma*. St. Vergr.

schönsten durch absoluten Alkohol, doch entsprechen dieselben nicht immer den Scheiben Q, sondern auch den hellen Gliedern (*ich, Krause, Rollet*) oder anderen Abschnitten (*Rollet*).

Was diese typischen *Arthropoden*-Muskeln ferner auszeichnet, ist die mächtige Entwickelung des *Sarcoplasma*, welches nicht nur die Muskelsäulchen in reichlicher Menge umgiebt,* sondern auch, wie ich selbst, *G. Retzius* und *Rollet* gezeigt, dicht unter dem *Sarcolemma* eine zusammenhängende deutliche Lage bildet (Fig. 290). Weiter zeigt dasselbe im Innern der Muskelfasern ein Verhalten, das bei den Wirbelthieren bis anhin noch nicht gesehen wurde, nämlich Verdichtungen oder eine stärkere Anhäufung in der Gegend der Zwischenscheiben Z, die unter Umständen wie Querscheidewände erscheinen (*G. Retzius*) und selbst noch an anderen Stellen der einzelnen Muskelfaserscheiben vorkommen können. Eine Verbindung dieser Scheidewände mit dem *Sarcolemma* (*Rollet*) ist nur Schein und wird durch das innen an diesem befindliche *Sarcoplasma* begreiflich (*Rollet*). Trotz dieser abweichenden Verhältnisse verhält sich das *Sarcoplasma* in den *Arthropoden*-Muskelfasern wesentlich ebenso wie bei den Wirbelthieren, und bildet wie *Rollet* zuerst gezeigt hat, mit dem ich vollkommen übereinstimme, ein zusammenhängendes inneres Röhren- oder Scheidewandsystem mit Verbreiterungen oder Verdickungen an den Stellen der Querwände, in dessen Maschen die gegliederten Muskelsäulchen stecken. In Folge der mächtigen Entwickelung des *Sarcoplasma* erscheinen die *Arthropoden*-Muskeln in Längsansichten mit einer Querstreifung, die je nach der Einstellung der Fasern wechselt (*Rollet*). Bei tiefer Einstellung erhält man das Bild A Fig. 291, in welchem die Muskelsäulchen dunkel, das *Sarcoplasma* hell erscheint und an den ersteren die Glieder Z, J, Q, J und Z erscheinen.

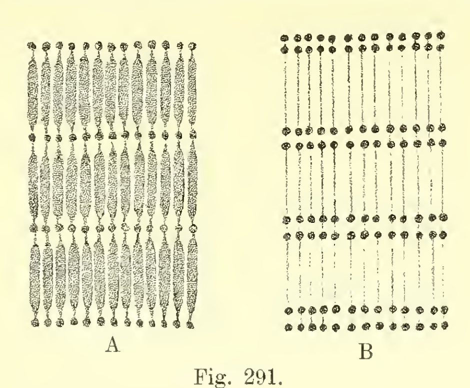


Fig. 291.

Bei hoher Einstellung B dagegen wird das *Sarcoplasma* dunkel und die Muskelsäulchen hell. So treten in den Gegenden von J dunkle Körner und in denen der Z eine helle Linie auf und sind die dunklen Körner in J durch dunkle feine Linien verbunden.

Im Innern der Muskelsäulchen, d. h. zwischen den sie zusammensetzenden Fibrillen, nimmt *Rollet*, gewisse Ausnahmen abgerechnet (*Hydrophilus Bremer, Rollet*, 2. Abh. Taf. I, Fig. 3), kein *Sarcoplasma* mehr an, während ich der Meinung bin, dass dasselbe auch hier noch, wenn auch nur in minimalster Menge sich vorfindet. Das *Sarcoplasma* der typischen Arthropoden-Muskeln ist an Querschnitten besonders nach Vergoldung derselben sehr schön zu sehen, worüber das Nähere bei *Retzius* und *Rollet* nachzusehen ist. — Noch verdient

Fig. 291. Schema eines Stückes einer Muskelfaser eines *Arthropoden* A bei tiefer und B bei hoher Einstellung. Erklärung im Text. Nach *Rollet*.

Erwähnung, dass die Muskelsäulchen nicht immer in Form von prismatischen Säulen auftreten, sondern auch häufig in Bandform erscheinen, wie dies auch bei gewissen Fischen sich findet (s. oben).

Die Kerne der *Arthropoden*-Muskeln zeigen ein wechselndes Verhalten. Gewöhnlich liegen sie im Innern der Fasern entweder zerstreut (Krebs) oder reihenweise in Einem oder mehreren centralen Zügen.

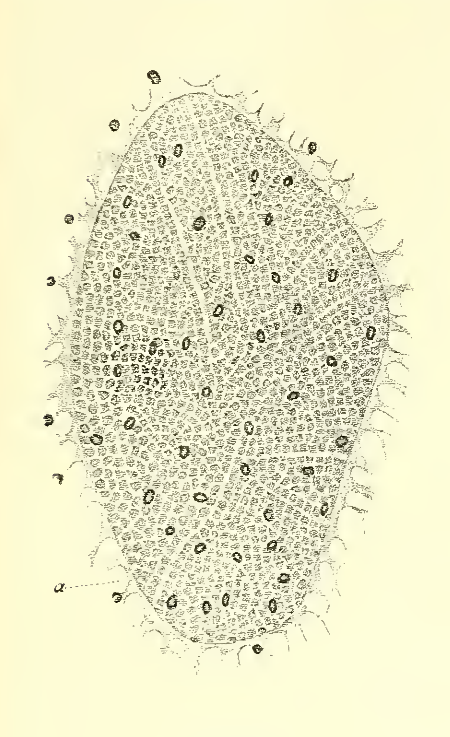


Fig. 292.

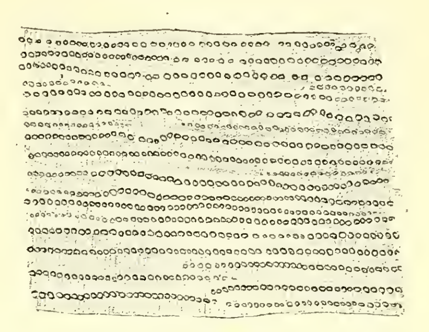


Fig. 293.

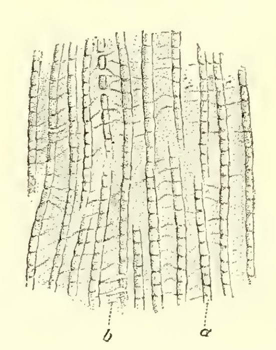


Fig. 294.

Die atypischen oder fibrillären von *v. Siebold* entdeckten und von *mir* zuerst genauer beschriebenen Thoraxmuskeln gewisser Insekten zeichnen sich dadurch aus, dass sie ungemein leicht in 1—4 μ starke Fibrillen zerfallen, die

Fig. 292. Querschnitt einer Muskelfaser der Flügelmuskeln von *Lucanus* in Alkohol erhärtet. *a* Umgebende Lagen von Fettzellen. In der Faser Fibrillen und Kerne dunkel, *Sarcoplama* hell. St. Vergr.

Fig. 293. Ein Theil einer Flügelmuskelfaser einer Hummel in Wasser, um die Reihen der interstiellen Granula der Zwischensubstanz zu zeigen. St. Vergr.

Fig. 294. *Sarcoplasma* in der Längsansicht eines Theiles einer Thoraxmuskelfaser von *Necrophorus germanicus* nach Behandlung mit Ameisensäure. Vergr. wie bei Fig. 293. Man sieht die Granula des *Sarcoplasma* in regelmässigen Reihen mit ihren dickeren Theilen *a* und ihren dünnen Theilen *b*. Alle sichtbaren Querlinien sind Grenzen der beiden Theile der Granula. Die Fibrillen sind zerstört und sieht man die röhrenförmigen Fächer, in denen dieselben lagen, z. Th. wie Halbrinnen.

die nämlichen Querstreifen darbieten, wie die Fibrillen der höheren Geschöpfe, seltener verwickeltere Formen, wie bei den anderen Arthropodenmuskeln. Eine zweite Eigenthümlichkeit ist das Vorkommen von ungemein vielen grossen interstitiellen Körnern, die dicht aneinander gereiht in Verbindung mit einer geringen Menge einer gleichartigen Zwischensubstanz eine die ganzen Muskelfasern durchziehende Masse bilden, in deren Lücken die Fibrillen stecken. Bei gewissen Gattungen besitzen diese Muskelfasern ein *Sarcolemma*, während dasselbe bei anderen durch die umgebende Bindesubstanz ersetzt wird, dagegen verzweigen sich bei Allen Tracheen im Innern (die *Leydig* auch bei den typischen Fasern sah) und besitzen Alle viele Kerne im Innern (Fig. 292—297).

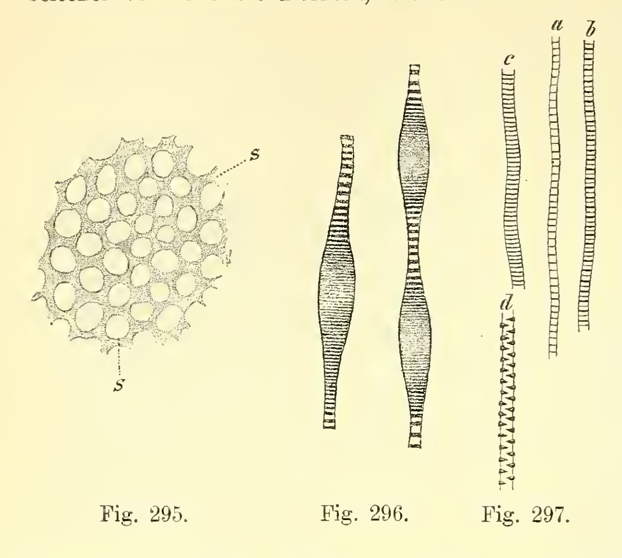


Fig. 295. Fig. 296. Fig. 297.

Die wesentlichsten Fortschritte, die die Lehre von den Muskelfasern in den letzten Decennien zu verzeichnen hat, sind: 1. der Nachweis der Muskelsäulchen, 2. die bis in's Feinste gehende Beschreibung der mannigfachen Arten der Querstreifung und 3. die genaue Verfolgung der Zwischensubstanz und ihrer Beziehung zu den Fibrillen und Muskelsäulchen.

ad 1. sah *Cohnheim* im Jahre 1863 zuerst die Querschnitte der Muskelsäulchen und deutete sie als Fleischtheilchen von *Bowman*, worauf ich dann dieselben für Querschnitte von Gruppen von Fibrillen erklärte und Muskelsäulchen nannte, eine Auffassung, die allgemein angenommen wurde.

ad 2. Bei der genauen Schilderung der Querstreifen haben sich besonders *Krause*, *Merkel*, *Hensen*, *Engelmann*, *Flögel*, *Rollet*, *v. Gehuchten* u. a. m. Verdienste erworben, doch macht sich immer mehr die Ansicht geltend, dass dieselben wegen ihrer grossen Wechsel und Unbeständigkeit keine grössere Bedeutung besitzen und habe ich, der ich von jeher die Muskelfibrillen für in ihrer ganzen Länge kontraktil und aus Einem und demselben Stoffe gebildet erklärte, am wenigsten Veranlassung, näher auf diese verschiedenen Formen derselben einzugehen. Die Zwischenscheibe erklärte *Krause* seiner Zeit für eine Membran und legte dieser nicht stichhaltigen Annahme eine besondere Hypothese über den Bau der Muskelfasern zu Grunde, mit Bezug auf welche auf die

Fig. 295. Ein Theil des *Sarcoplasma s* einer Thoraxmuskelfaser der Hummel im scheinbaren Querschnitte nach Zerstörung der Muskelfibrillen durch verdünnte Essigsäure. St. Vergr.

Fig. 296. Zwei Fibrillen von *Cetonia aurata* aus den Thoraxmuskeln mit kontrahirten Stellen, in denen die dunklen *Z* und hellen *Q* schliesslich verschmelzen.

Fig. 297. Primitivfibrillen der Flügelmuskeln der Schmeissfliege, 350 Mal vergr. *a* dünne Fibrillen mit hellen grossen *Q* und schmalen *Z*; *b* dickere Faser mit dem Streifen *H* in *Q*; *c* noch dickere Fibrille mit schmalen *Q*, dunklen *Z*; *a* Fibrille mit scheinbar alternirenden vorstehenden Gliedern *Z*.

Veröffentlichungen dieser Forscher verwiesen wird. Das Genaueste über die Querstreifen giebt *Rollet*.

ad 3. In Betreff der Zwischensubstanz oder des *Sarcoplasma* werden die von *Rollet* und *mir* vertretenen Ansichten von mehreren neueren Autoren bekämpft, vor Allem von *v. Gehuchten* und *Ramón y Cajal*. Nach diesen Autoren soll das *Sarcoplasma* wohl in der Gegend der Zwischenscheiben *Z* die Säulchen von allen Seiten umgeben, zwischen zwei solchen Scheiben jedoch nur in Form von Fäserchen vorkommen, so dass somit die Fibrillen hier nicht rings umscheidet wären, sondern eine zusammenhängende, nur von einzelnen Fäserchen durchzogene Masse bilden würden. Das *Sarcoplasma* bestünde nach dieser Auffassung erstens aus vielen Quernetzen oder Gittern in der Gegend der *Z* und aus vielen feinen longitudinal verlaufenden, die Quernetze verbindenden Fäserchen. — Diese Auffassung ist einmal bei den Flügelmuskeln der Insekten entschieden nicht zutreffend, wie selbst *Ramón y Cajal* zugiebt und bei den anderen Muskeln genügt eine Prüfung von Längsbildern und von Querschnitten, um zu zeigen, dass die Säulchen und somit auch das *Sarcoplasma* in der ganzen Länge und Dicke der Muskelfasern durchgehen. An Längsbildern sieht man die Säulchen in allen Tiefen der Fasern und der Länge nach ununterbrochen und Querschnitte zeigen bei höherer und tieferer Einstellung das *Sarcoplasma* nicht abwechselnd in Form von Netzen und von Punkten, wie dies nach der Annahme der genannten Autoren der Fall sein müsste, sondern in allen Höhen quere Netze von *Sarcoplasma* und Querschnitte von Muskelsäulchen oder sog. *Cohnheim*'sche Felder, eine Untersuchung, die besonders nach Vergoldung des *Sarcoplasma* und bei Thieren mit stärkeren Muskelsäulchen (Krebs, Insekten z. Th., Amphibien) entscheidende Ergebnisse liefert. Bei einer solchen Untersuchung beachte man, dass wenn ein zartes Sarkoplasmanetz dunkle und grössere interstitielle Körner enthält (s. Fig. 280), diese leicht für Querschnitte von Fäserchen gehalten werden können. Ferner ist zu berücksichtigen, dass das *Sarcoplasma* der Arthropoden zwischen zwei Quernetzen besonders zart ist und in diesem Falle Körnerreihen oder Verdichtungen, welche die Knotenpunkte der Netze longitudinal verbinden, noch leichter für Fäserchen gehalten werden können.

Für weitere Einzelheiten verweise ich auf die Abhandlungen der genannten Autoren, von *Rollet* und *mir*, vor Allem auf die letzte eingehende Kritik von *Rollet* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 32).

Ich füge nun noch Einiges über die physiologischen Verhältnisse bei. Wie oben schon angegeben wurde, vertheidige ich seit vielen Jahren den Satz, dass die Muskelfibrillen, eben so wie sie in der ganzen Länge aus einem und demselben Stoffe bestehen, so auch in der ganzen Länge kontraktil sind, wie dies auch von den anderen kontraktilen Elementartheilen, den kontraktilen Faserzellen, den Wimperhaaren, Samenfäden, Pseudopodien der Protisten, dem Stielmuskel der Vorticelliden u. a. angenommen werden muss. Dem Vorkommen von isotropen und anisotropen Theilen bei den quergestreiften Muskelfasern geht in so weit unzweifelhaft eine gewisse Bedeutung nicht ab, als dasselbe von einer sehr früh sich ausbildenden physikalischen Verschiedenheit der einzelnen Abschnitte der Fibrillen abhängt, physiologisch ist dieses Verhalten jedoch kaum von grösserer Bedeutung, wie die grosse Variabilität der Querstreifen lehrt. Erwägt man ferner, dass bei den Zusammenziehungen der Muskelfasern, wie Beobachtungen lebender Insektenmuskeln unter dem Polarisationsmikroskope lehren, die anisotropen Theile auf Kosten der isotropen ungemein sich vergrössern, so dass selbst, wie ich zu finden glaube, die letzteren ganz verschwinden und nur schwache Andeutungen der Glieder *Z* sichtbar bleiben, so wird man in obiger Annahme nur bestärkt. Zu dem nämlichen Schlusse führen Erfahrungen über die Fibrillen der Thoraxmuskeln der Insekten. Bei diesen ist es, wie oben schon angegeben wurde, bei Untersuchung frischer Muskeln in Kochsalz von $^1/_2$% ungemein leicht, die Fibrillen in den verschiedenartigsten Kontraktionszuständen zu sehen, so dass einzelne Stellen oder grössere Strecken derselben um das Zwei-, Drei- und selbst Vierfache breiter sind als andere. An diesen kontrahirten Fibrillen stehen die *Z* einander um so näher, je breiter dieselben sind und verschwinden endlich ganz als unterscheidbare Theile, so dass dann die Fibrillen, auch mit der stärksten Vergrösserung ganz homogen erscheinen (Fig. 296). Die schönsten Fibrillen der Art sah ich bei *Melolontha* und *Cetonia aurata* und beweisen dieselben wohl besser als alle anderen That-

sachen, dass diese Elemente in ihrer ganzen Länge kontraktil sind. Wollte man einwenden, dass solche Fibrillen keine wirklich kontrahirten, sondern einfach geschrumpfte waren, so wäre hervorzuheben, dass solche Formen nur an frischen Muskelfasern gesehen werden und dass keines der vielen von mir geprüften Reagentien die Fibrillen in dieser Weise verkürzt. Ferner bemerke ich, dass ich, wie schon Andere vor mir, frische Muskelfasern der Thoraxmuskeln von Insekten in unschädlichen Flüssigkeiten unter dem Mikroskope sich habe verkürzen sehen, so dass nicht wohl bezweifelt werden kann, dass auch deren Fibrillen Kontraktionszustände darbieten.

Mit Bezug auf die die Zusammenziehungen bewirkenden Ursachen, so ist die Annahme, dass in den Muskelfasern entstehende Säuren dadurch, dass sie die Eiweisskörper derselben zum Gerinnen bringen, die Verkürzung hervorrufen, von vornherein abzuweisen, da verdünnte Säuren die Fibrillen lösen und keine Gerinnung in denselben erzeugen. Auch die Hypothese von *Ranvier*, dass die Glieder Q bei der Kontraktion Wasser verlieren und kleiner werden, kann, abgesehen davon, dass sie die Ursachen dieses Wasserverlustes nicht nachweist, keinen Anspruch auf allgemeine Gültigkeit erheben, da sie nur auf gespannte gereizte Muskeln sich bezieht und die gewöhnliche Kontraktion, bei welcher die Glieder Q kürzer und breiter werden und an Volumen zunehmen, gar nicht berücksichtigt. Am meisten Beachtung verdient die Theorie von *Engelmann*, welche die Verkürzung der Fibrillen von einem Quellen der Q auf Kosten der isotropen Substanz abhängig macht, und scheint mir eine Modifikation derselben wohl der Diskussion werth, nämlich die, dass die Fibrillen in ihrer ganzen Länge durch Quellung sich zusammenziehen, wie ein in Wasser gekochtes oder mit Säuren behandeltes Bindegewebsbündel. Da jedoch eine solche Quellung der Fibrillen nicht nachgewiesen und die Annahme, dass eine Säure eine solche mit Verkürzung verbundene Quellung veranlasse, unmöglich ist, weil verdünnte Säuren die Muskelfasern wohl zum Quellen bringen aber dieselben nicht verkürzen, so bleibt auch eine solche Hypothese ohne nähere Begründung, abgesehen davon, dass die Schnelligkeit, mit welcher Verkürzungen und Ausdehnungen der Muskelfasern auf einander folgen, entschieden gegen dieselbe zu sprechen scheint. Bei dieser Sachlage ist es vorläufig nicht möglich, eine bestimmte Hypothese über den letzten Grund der Zusammenziehungen der Muskelfasern aufzustellen, oder die hierbei in denselben stattfindenden Veränderungen genau anzugeben und stelle ich daher folgende Sätze nur mit grossen Vorbehalten der weiteren Erwägung anheim.

1. Bei der Thätigkeit der Muskelfasern findet ein reger Chemismus statt, für dessen Vorkommen die in den so ungemein rasch sich kontrahirenden Muskelfasern der *Siebold*'schen Insektenmuskeln ungeheure Mengen von Tracheen den besten Beweis liefert.

2. Der Sitz dieser Vorgänge ist wohl einem guten Theile nach das *Sarcoplasma*, wie die ungemeine Menge desselben in den obengenannten Muskeln und die häufig in ihm auftretenden Fettmoleküle beweisen, womit nicht gesagt sein soll, dass nicht auch die Substanz der Fibrillen selbst sich energisch umsetzt.

3. Bei der Kontraktion findet keine Gerinnung eines Eiweisskörpers statt.

4. Die Muskelfibrillen sind in ihrer ganzen Länge kontraktil und werden bei der Kontraktion in allen Theilen doppeltbrechend.

5. Unter der Voraussetzung der Richtigkeit von vorstehendem Satze hätte man weiter anzunehmen, dass die Fibrillen aus typischen geformten Theilchen (Disdiaklasten, *Brücke*; Inotagmen, *Engelmann*) bestehen, die durch ihre Anordnung die Isotropie oder Anisotropie derselben bewirken und bei den Kontraktionen entweder Lage- oder Formveränderungen erleiden, deren Ursachen in elektrischen, oder chemischen noch unbekannten Vorgängen enthalten sind.

§ 105.

Gestalt und Länge der Muskelfasern. Man glaubte früher allgemein, dass die Muskelfasern ebenso lang sind als die gröberen Muskelbündel, mithin bei allen nicht gefiederten Muskeln ebenso lang als die ganzen Muskeln; jetzt weiss man durch die Entdeckung von *Rollet*, nach welcher zahlreiche spitze Enden von Fasern im Innern von Muskeln sich finden, dass dem nicht immer so ist. *E. H. Weber* und *Herzig* erweiterten diesen Fund durch

den Nachweis, dass auch Muskelfasern mit beiderseits zugespitzten Enden vorkommen, welche Gestalt *Weber* selbst für die regelrechte hält. Durch die Untersuchungen von *Herzig* und *Biesiadecki*, denen ich eine Reihe eigener beifügen kann, ergiebt sich nun folgendes als gesetzmässiges Verhalten der Muskelfasern. In kleinen Muskeln (Seitenmuskeln der Fische, Gliedermuskeln der Fledermaus, Muskeln des Frosches) besitzen meinen Erfahrungen zufolge alle Muskelfasern die Länge des Gesammtmuskels und enden meist beiderseits abgerundet; in grösseren Muskeln dagegen sind die Fasern kürzer als der Gesammtmuskel und betragen nach den neuesten Untersuchungen von *Froriep* und *W. Felix* beim Menschen bis zu 12 cm. Ob diese Zahl allgemeine Gültigkeit hat, in der Art, dass in allen Muskeln von geringerer Länge die Muskelfasern ebenso lang sind als der ganze Muskel, während dies bei solchen von grösserer Erstreckung nicht der Fall ist, ist freilich erst noch durch weitere zahlreiche Untersuchungen zu ermitteln, vorläufig darf dieselbe jedoch immerhin als Anhaltspunkt benutzt werden.

Ueber die Gestalt der Muskelfasern haben besonders die Untersuchungen von *Herzig* und *Biesiadecki*, dann von mir, *W. Krause*, *Weismann*, *Aeby* und *Kühne* Aufschluss gegeben. Nach diesen Erfahrungen kann es wohl als Regel bezeichnet werden, dass die Muskelfasern im Innern grösserer Muskeln spindelförmig sind, die an den Enden dagegen ein inneres spitzes und ein in die Sehne übergehendes breites Ende besitzen, welches entweder abgerundet ist oder in einige stumpfe Spitzen ausläuft oder auch wie treppenförmige Absätze darbietet (*Du Bois-Reymond*). Ausser spindelförmigen Fasern kommen im Innern der Muskeln noch manche andere Formen vor, am gewöhnlichsten an dem einen oder an beiden Enden stumpfe Fasern. Ausserdem finden sich, die Zunge abgerechnet, die weiter unten besprochen werden wird, auch in den gewöhnlichen Muskeln von Säugern nicht selten Aeste und Theilungen in verschiedenen Graden an den Enden und im Verlaufe der Fasern, ferner Anastomosen und Spaltbildungen (*Susanna Gage* in The Microscope, Vol. VIII Nr. 8, *Detroit* 1888).

§ 106.

Die Vereinigung der Muskelfasern geschieht am Stamme und den Extremitäten im Allgemeinen so, dass dieselben, indem sie einfach neben und hinter einander sich legen, wobei die Enden immer zwischen andere Fasern sich einschieben, zu rundlich-eckigen Bündeln von der Länge der ganzen Muskeln sich verbinden. Diese sogenannten sekundären Muskelbündel werden jedes von einer besonderen bindegewebigen Hülle umschlossen und zu mehreren durch stärkere Hüllen zu tertiären Bündeln vereint, die dann schliesslich in grösserer oder geringerer Zahl zu den einzelnen Muskelbäuchen und Muskeln sich verbinden. Legen sich die Muskelbündel in der Fläche aneinander, so entstehen die hautartigen Muskeln, geschieht dies in der Dicke, die strangförmigen. Demnach sind die Muskeln Stränge von vielen grösseren und kleineren sekundären und tertiären Bündeln, deren Scheiden oder das *Perimysium* ein zusammenhängendes Fächerwerk bilden, an welchem man den äusseren, den ganzen Muskel umgebenden Theil als *Perimysium externum*, oder Muskelscheide, *Vagina muscularis* im engeren Sinne, von den inneren,

die stärkeren und schwächeren Bündel und die Muskelfasern selbst umschliessenden Elementen, dem *Perimysium internum*, unterscheidet. — Die Stärke der sekundären Muskelbündel wechselt von 0,45—1,12 mm; die der tertiären und noch grösseren Bündel, die am deutlichsten an den Muskeln mit grober Faserung (*Glutaeus maximus, Deltoideus*) erscheinen, ist so wechselnd und zugleich die Zerfällung der Muskeln in diese entfernteren Bestandtheile so sehr der Willkür unterworfen, dass sich nichts Besonderes über dieselben sagen lässt.

Die Muskelscheiden oder Bindegewebshüllen der Muskeln, das *Perimysium*, die den doppelten Zweck haben, die Gefässe und Nerven der Muskeln zu tragen und die Muskelfasern zu verbinden und in ihrer Thätigkeit zu unterstützen, sind, je nachdem sie grössere oder kleinere Stränge von Muskelbündeln umgeben, von verschiedener Dicke, immer jedoch zarte, mattweisse, nicht glänzende Hüllen, welche aus gewöhnlichem Bindegewebe mit Bindegewebskörperchen und feinen elastischen Fasern von höchstens 1 μ bestehen, welche letzteren besonders in dem *Perimysium externum* in grosser Zahl sich finden, so dass dasselbe mit Fug und Recht als eine zur Hälfte elastische Hülle betrachtet wird und hiernach auch in seinen Verrichtungen zu bemessen ist. In allen Muskeln, besonders in solchen mit lockerem Gefüge, kommen im *Perimysium* auch Fettzellen gewöhnlicher Art in einer gewissen Zahl vor und können dieselben bei fetten Leuten bis in die innersten Theile sich finden.

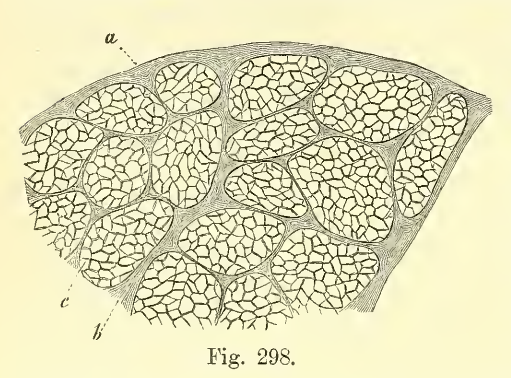


Fig. 298.

§ 107.

Verbindung der Muskeln mit anderen Theilen. Mit den beweglichen Gebilden, den Knochen, Knorpeln, den Gelenkkapseln, der Haut u. s. w. sind die Muskelfasern theils unmittelbar, theils durch Vermittelung von fibrösen Elementen, den Sehnen, Sehnenhäuten, gewissen Abschnitten der Muskelbinden und Bänder (*Ligg. interossea, Membr. obturatoria*) verbunden. — Die Muskeln, welche ganz oder an dem einen oder anderen Ende ohne Vermittelung von Sehnen sich befestigen, bilden im Ganzen die geringere Zahl. Wo Muskelfasern unmittelbar von Knochen entspringen (*Obliqui, Iliacus, Psoas, Glutaei* etc.) und von Knorpeln herkommen (*Transversus abdominis, Diaphragma*) oder unmittelbar an solche sich ansetzen (*Serrati, Omohyoideus, Sternohyoideus*, Ohrmuskeln), gehen dieselben immer nur bis an das Periost oder Perichondrium und enden an diesen Häuten stumpf zugespitzt, ohne in deren Fasern sich fortzusetzen oder gar mit den Knochen und Knorpeln in unmittelbare Berührung zu kommen. Gehen Muskeln an die Haut, so

Fig. 298. Querschnitt aus dem Kopfnicker des Menschen. 50 Mal vergr. *a Perimysium externum. b Perimysium internum. c* Primitivbündel und sekundäre Muskelbündel.

liegen sie entweder ohne Zusammenhang mit derselben flach unter ihr oder strahlen mit grösseren oder kleineren Bündeln (Gesichtsmuskeln) in dieselbe aus, wobei sie mit einfachen oder getheilten zugespitzten Enden unmittelbar an die bindegewebigen Streifen derselben sich ansetzen.

§ 108.

Die Sehnen, Flechsen, *Tendines*, sind glänzend, weiss oder ins Gelbliche spielend, fast ganz aus Bindegewebe gebildet und zerfallen mit Bezug auf ihre Gestalt in strangförmige, eigentliche Sehnen, und in hautartige, Aponeurosen (*Centrum tendineum*, *Galea*, Sehnen der Bauchmuskeln, *Latissimus*, *Cucullaris* etc.). Beide Formen sind, wie in ihrem äusseren Verhalten nicht scharf von einander geschieden, so auch in ihrem Baue im Wesentlichen vollkommen gleich und bestehen aus Bindegewebe, das durch den parallelen Verlauf seiner Elemente, ihre feste Vereinigung und die Armuth an elastischen Fasern sich auszeichnet. Das genauere Verhalten der verschiedenen Theile zeigt am besten ein Querschnitt (Fig. 299), an dem man deutlich grössere und kleine Bündel, ähnlich den sekundären und

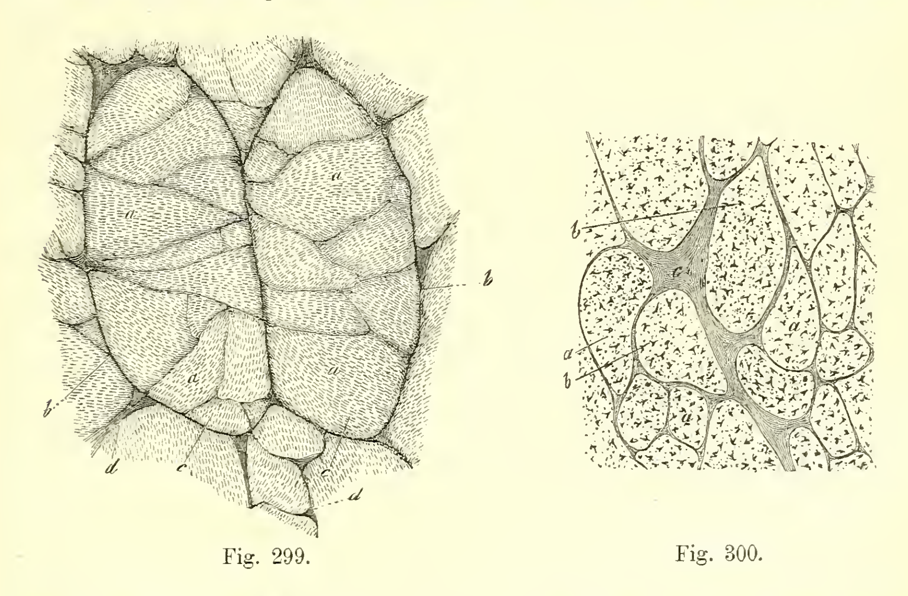


Fig. 299. Fig. 300.

tertiären Bündeln der Muskeln und auch zum Theil von derselben Grösse unterscheidet. Es ziehen nämlich durch das Sehnengewebe zarte Scheidewände eines mehr lockeren Bindegewebes, welche, indem sie alle miteinander verbunden sind und ein zusammenhängendes System gleichlaufender oder unter spitzen Winkeln zusammenmündender Röhren bilden, die Sehnenfibrillen in viele grössere oder

Fig. 299. Querschnitt einer Sehne des Kalbes. 20 Mal vergr. *a* Sekundäre Bündel, *b* tertiäre, *c* Bindegewebskörperchen nicht ganz im Querschnitte, sondern als Strichelchen in den ersteren, *d* interstitielles Bindegewebe.

Fig. 300. Sehne des *Tib. post.* des Menschen. 60 Mal vergr. *a* Sekundäre Bündel, *b* Bindegewebksörperchen und elastische Fäserchen, *c* interstitielles Bindegewebe.

kleinere Gruppen zerfällen. Ganz deutlich unterscheidet man kleinere (sekundäre) Bündel von meist vieleckiger, auch wohl rundlicher, oder länglicher Gestalt und einem Durchmesser von 65—110 μ und grössere (tertiäre) Bündel mit vieleckiger Begrenzung von 0,2—1,1 mm und darüber Dicke, und etwas stärkeren Scheidewänden als Begrenzung; meist treten auch noch grössere Abschnitte aus vielen tertiären Bündeln zusammengesetzt hervor und bilden dann, in sehr verschiedener Zahl und Anordnung, fest vereint und noch durch eine gemeinsame Hülle von Bindegewebe verbunden, die Sehne selbst. Die Aponeurosen haben entweder dieselbe Zusammensetzung wie die eigentlichen Sehnen und bestehen aus einigen Schichten in der Fläche nebeneinanderliegender, gleichlaufender, sekundärer Bündel, oder sie gleichen mehr den fibrösen Häuten und besitzen nach zwei oder mehr Richtungen sich kreuzende primäre und sekundäre Bündel (Bauchmuskeln, Zwerchfell).

Die kleineren (sekundären) Sehnenbündel bestehen wesentlich aus gewöhnlichem fibrillärem Bindegewebe, dessen am Querschnitte leicht deutliche Fibrillen alle der Länge nach verlaufen, ausserdem finden sich in denselben aber noch eine gewisse Zahl elastischer Fäserchen und Bindesubstanzzellen oder Bindegewebskörperchen. Die elastischen Fäserchen sind von der feinsten Art und nicht leicht zur Anschauung zu bringen, so dass sie an frischen Stücken gar nicht und auch nach Zusatz von Essigsäure nicht ganz vollkommen gesehen werden, und es eigentlich nur die Behandlung mit kaustischen Alkalien, namentlich in der Wärme ist, welche sie ganz zu verfolgen erlaubt. Man überzeugt sich alsdann, dass dieselben durch die ganzen sekundären Bündel zusammenhängende lockere Netzwerke bilden, indem ihre Elemente der Länge und Quere nach zwischen den Fibrillen verlaufen, doch ist ihre Anordnung keine regelmässige und bedingt keine bestimmte Zerfällung der fibrillären Substanz in kleinere Abschnitte, wie man auch schon geglaubt hat.

Ganz anders verhält es sich mit den Bindegewebskörperchen, welche in ziemlich regelmässigen Abständen von 45—67 μ und mehr durch die sekundären Bündel zerstreut sind. Nimmt man noch dazu, dass diese Gebilde nicht nur regelmässig zwischen den Fibrillen liegen, sondern auch mit ihren Ausläufern dieselben scheidenartig umhüllen, so ergiebt sich, dass einiger Grund vorhanden ist, die fibrilläre Grundlage der sekundären Sehnenbündel noch weiter in kleinste oder primäre Bündel zu zerfällen. Man wolle jedoch diese nicht als ringsherum scharf abgegrenzte Bildungen auffassen, indem die erwähnten sie umgebenden Scheiden an vielen Orten unvollkommen sind, und ferner berücksichtigen, dass sie in der Längsrichtung sehr häufig unter spitzen Winkeln sich verbinden und somit eigentlich ein langgezogenes Netzwerk bilden. — Die Bindegewebskörperchen selbst nun stellen ein durch die ganzen sekundären Bündel zusammenhängendes Zellennetz dar. Die Zellenkörper sind besonders in der Längsrichtung der Sehnen verlängert und bilden in ihrer Vereinigung unregelmässige platte und zarte Bänder oder Platten, die ebenfalls platte, rundliche oder langgestreckte Kerne enthalten, und durch unregelmässige, meist haut- oder bandartige, seltener faserartige seitliche Fortsätze untereinander sich verbinden. Solcher Seitenausläufer gehen von den kernhaltigen Theilen des Zellennetzes 2, 3—6 ab und erzeugen dieselben auf Querschnitten ein Bild, das deutlich einem Netze sternförmiger Zellen gleicht. Auf Längsschnitten

erkennt man jedoch von diesem Netze nichts, sondern auf den ersten Blick nur die der Länge nach verlaufenden Züge der Zellenkörper, die bald wie schmale dunkle, stellenweise dickere Züge sich ausnehmen, die an elastische Fasern erinnern, bald das Bild zarter blasser Bänder gewähren. Es bedarf schon einer genaueren Untersuchung namentlich mit verdünnten Säuren behandelter und gekochter Sehnen, um zu sehen, dass von diesen Bändern auch viele zarte Nebenausläufer abgehen, was dann auch zur Erkenntniss des ganzen eigenthümlichen Zellennetzes und zur Ueberzeugung führt, dass die vermeintlichen Zellenausläufer des Querschnittes nichts als die Durchschnittsansichten der blattförmigen Fortsätze sind, welche benachbarte Zellenreihen untereinander verbinden. Diese Fortsätze sind übrigens häufig ganz zart und dicht querstreifig, und wohl schwerlich hohl, während den Zellenkörpern selbst ein Rest von Inhalt wohl kaum abzusprechen ist. Nach meinen alten Erfahrungen (5. Aufl.) werden diese Zellen ausgezeichnet schön in Chlorgold.

Die Scheidewände, die die sekundären und tertiären Bündel umgeben, haben je nach ihrer Dicke einen etwas verschiedenen Bau. Dünne bestehen aus einer Lage von Bindegewebe, feinen elastischen querlaufenden Fasernetzen und einer verschiedenen Anzahl von anastomosirenden Bindegewebskörperchen, welche auch mit denen im Innern der sekundären Bündel zusammenhängen. Dickere Scheiden zeigen ganz den Bau sekundärer Sehnenbündel, nur dass alle ihre Elemente quer verlaufen und die Zellen und elastischen Fasern viel mehr vorwiegen als in der eigentlichen Sehnensubstanz. Den nämlichen Bau, nur oft noch verwickelter, hat die Umhüllung der ganzen Sehne, doch zeigt diese Uebergänge zu mehr weichem, lockerem Bindegewebe, welches stellenweise um Gefässe und Nerven herum auch weiter im Innern sich findet.

Ausser den genannten Theilen enthalten die Sehnen auch noch an gewissen Orten Knorpelzellen (siehe § 109), ferner auch gewöhnliche Fettzellen, namentlich in mehr lockeren Sehnen, wie in den Sehnenstreifen der *Musculi intercostales*, des *Triangularis sterni*, *Masseter* u. a. m.

Das quergebänderte Aussehen der Sehnen, das den Seidenglanz derselben bewirkt, rührt einfach von den wellenförmigen Biegungen ihrer Fibrillen her; dasselbe verschwindet, wenn dieselben stark ausgedehnt werden, und ist nur ein Ausdruck der ihnen innewohnenden Elasticität, welche im erschlafften Zustande ins Leben tritt.

§ 109.

Verbindungen der Sehnen mit anderen Theilen. Die Sehnen verbinden sich einerseits mit den Muskeln, andererseits mit den verschiedenen von ihnen bewegten Theilen. Die erstere Vereinigung geschieht, wie schon das blosse Auge unterscheidet, in den einen Fällen so, dass Sehnen und Muskeln geradlinig ineinander übergehen, in den anderen dadurch, dass die Muskelfasern unter spitzen Winkeln an die Ränder und Flächen von Sehnen und Aponeurosen anstossen, wie bei den gefiederten Muskeln. Die mikroskopischen Verhältnisse sind in diesen beiden Fällen auf den ersten Blick sehr verschieden. Im ersteren nämlich scheinen die Muskelbündel unmittelbar in Sehnenbündel überzugehen, in der Weise, dass keine scharfe Grenze zwischen den beiderlei Gebilden sich findet und das ganze Bündel von Muskelfibrillen in ein ungefähr

gleichstarkes Bündel von Sehnenfäserchen sich fortsetzt (Fig. 301). — Im zweiten Falle dagegen findet sich eine scharfe Grenze zwischen Muskel und Sehne (Fig. 302) und enden die Muskelfasern wirklich abgerundet mit geschlossenem *Sarcolemma*. Das nämliche findet sich nun aber auch, wie die alten Untersuchungen von *Biesiadecki* und *Herzig* lehren, bei scheinbar unmittelbarer Verlängerung von Muskelfasern in Sehnenbündel,

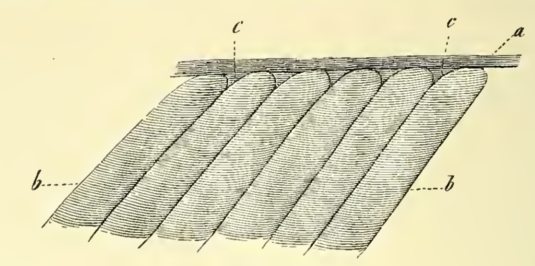


Fig. 302.

Fig. 301.

Fig. 303.

und ist Glycerin ein vortreffliches Mittel, um die beiderlei Elementartheile zu trennen. Die Enden der Muskelfasern ergeben sich alsdann in allen Ueber-

Fig. 301. Ein Primitivbündel *a* aus einem *Intercostalis internus* des Menschen in ein Sehnenfascikel *b* scheinbar ohne scharfe Grenze übergehend. 350 Mal vergr.

Fig. 302. Verhalten der Muskelfasern bei schiefem Ansatze an Sehnen vom *Gastrocnemius* des Menschen. 250 Mal vergr. *a* Ein Theil der Sehne im Längsschnitt, *b* Muskelfasern mit leicht konischen oder abgestutzten Enden an die innere Fläche der Sehne in Grübchen befestigt, an deren Rand das *Perimysium internum c* sich ansetzt.

Fig. 303. Ansatz der Achillessehne an das Fersenbein von einem 60jährigen Manne. 300 Mal vergr. *A* Knochen mit Lakunen *a*, Markräumen und Fettzellen *b*. *B* Sehne mit Sehnenfibrillen und Knorpelzellen *c*.

gängen zwischen dem abgerundeten bis zum leicht zugespitzten, ja häufig finden sich sogar mehrere verschieden lange Endspitzen. Dass diese Angaben richtig, davon habe ich mich an mit starker Kalilösung behandelten Muskeln ebenfalls überzeugt, und stimme ich somit bei, dass es überall nur Eine Endigungsweise der Muskeln an Sehnen giebt. Ueberall hängt übrigens wie ich schon vor langer Zeit fand (5. Aufl.), das Bindegewebe der Sehne mit dem *Perimysium internum* des Muskels zusammen und werden so die Enden der Muskelfasern oft wie in Gruben des Sehnengewebes aufgenommen, was auch *Toldt* bestätigt.

Ausser mit Muskeln verbinden sich die Sehnen auch noch mit Knochen, Knorpeln, fibrösen Häuten (*Sclerotica, Vagina nervi optici*, Sehnen, die in Fascien ausgehen), Bändern und Synovialhäuten (*Subcruralis* z. B.). Mit den erstgenannten Theilen geschieht die Vereinigung entweder mittelbar, unter Mithilfe des *Periosteum* und *Perichondrium*, in deren gleichartige Elemente die Sehnenfasern meist unmittelbar überzugehen oder sie zu verstärken scheinen, oder ohne Vermittelung. Im letzteren Falle (*Tendo Achillis, Quadriceps, Pectoralis major, Deltoideus, Latissimus, Iliopsoas, Glutaei* etc.) stossen die Sehnenbündel unter schiefen oder rechten Winkeln an die Oberfläche der Knochen und haften ohne Mithilfe von Periost, das an solchen Stellen gänzlich mangelt, allen Erhebungen und Vertiefungen derselben genau an (Fig. 303). Häufig besitzen die Sehnen da, wo sie an Knochen grenzen, in einer gewissen Ausdehnung vereinzelte oder in kleinen Reihen beisammenliegende zierliche Knorpelzellen. Ausnahmsweise sah ich auch die Sehnenfibrillen an ihrer Grenze gegen den Knochen mit Kalksalzen in Gestalt von Körnchen ganz durchsetzt (inkrustrirt). In fibrösen Häuten verlieren sich die Sehnen ganz unmerklich (*Tensor fasciae, Biceps brachii*).

Ueber die Enden der Muskelfasern in der Haut und in Schleimhäuten siehe weiter unten bei der Zunge.

§ 110.

Hilfsorgane der Muskeln und Sehnen. *A.* Die Muskelbinden, *Fasciae*, sind fibröse Häute, welche einzelne Muskeln oder ganze Muskelgruppen sammt ihren Sehnen umhüllen und je nachdem sie die Bedeutung von Sehnen und Bändern oder von einfachen Muskelhüllen haben, auch einen verschiedenen Bau, nämlich einerseits den der Sehnen, andererseits den der aus Bindegewebe und elastischen Fasern gemischten Häute besitzen. Im ersten Falle sind sie weiss und glänzend und ganz vom Bau der Sehnen und Aponeurosen; im zweiten enthalten sie häufig eine grössere Zahl von feineren elastischen Fasern in ihrem Bindegewebe und können selbst stellenweise ganz den Bau und das mattgelbe Ansehen der elastischen Häute (siehe § 32) erreichen und reichliche elastische Netze der stärksten Art enthalten. Sehnig sind die Fascien fast überall da, wo ein derbes unnachgiebiges Gewebe vonnöthen ist, demnach 1. an ihren Ursprüngen von Knochen, 2. da wo Muskelfasern von ihnen herkommen und sie die Bedeutung von Aponeurosen haben, 3. wo Sehnen in sie ausstrahlen und sie selbst wie Endsehnen wirken, 4. wo sie mit verdickten Stellen Bänder vertreten. Mehr oder weniger elastisch zeigen sich dagegen die Muskelbinden, wo ihre Bedeutung die ist, eine zwar feste, aber

die Muskeln bei ihren verschiedenen Formveränderungen nicht behindernde Hülle zu bilden, also vorzüglich in der Mitte der Glieder.

B. Bänder der Sehnen, *Ligg. tendinum.* Ausser gewissen, bandartig gebildeten Theilen von Fascien, welche, indem sie an Knochen sich ansetzen, Sehnen röhrenförmig umgeben oder sonst befestigen, kommen sogenannte Sehnenscheiden (*Ligg. vaginalia tendinum*) auch selbständig vor, wie z. B. an den Sehnen der Finger- und Zehenbeuger, wo dieselben aus vielen hintereinander liegenden, die hier vorkommenden Schleimscheiden verstärkenden Bändchen bestehen. Andere hierher zu zählende Bänder sind das *Lig. carpi vol. proprium,* die *Trochlea* und die *Retinacula tendinum.*

C. Schleimbeutel und Schleimscheiden, *Bursae mucosae et Vaginae synoviales.* Wo Muskeln oder Sehnen an Hartgebilden (Knochen, Knorpeln) oder an anderen Muskeln, Sehnen und Bändern bei ihren Bewegungen sich reiben, finden sich zwischen den betreffenden Gebilden mit ein wenig zäher Flüssigkeit, die nach *Virchow* (Würz. Verh. II, 281) nicht Schleim, sondern einen der colloiden Substanz sehr ähnlichen Körper enthält, erfüllte Räume, welche die Anatomen als von einer besonderen Membran, einer Synovialhaut, ausgekleidet zu betrachten gewohnt sind. Diese soll geschlossene Säcke von rundlicher oder länglicher Form bilden, welche entweder einfach die einander zugewendeten Seiten von Knochen und Sehnen, Knochen und Muskeln u. s. w. bekleiden, Schleimbeutel, *Bursae mucosae,* oder in Gestalt von doppelten, jedoch zusammenhängenden Röhren, einmal die Oberfläche der Sehnen und zweitens diejenigen der Theile, zwischen denen dieselben sich bewegen, überziehen, Schleimscheiden, *Vaginae synoviales.* Das Wahre an der Sache ist das, dass nur die wenigsten dieser Räume von einer zusammenhängenden Haut überzogen sind, die meisten an vielen Stellen einer solchen entbehren. Die Schleimbeutel anlangend, so sind die der Muskeln (*Ilio-psoas, Obturator internus, Deltoideus* etc.) noch am ehesten als zusammenhängende Säcke zu betrachten, die der Sehnen dagegen lassen nur stellenweise eine besondere Hülle erkennen und ermangeln gerade an den sich berührenden Stellen der aneinander hingleitenden Theile einer solchen fast ganz. Ebenso verhält es sich auch bei den Synovialscheiden, unter denen nur die gemeinschaftlichen der Finger- und Zehenbeuger noch einigermassen ein Bild eines sogenannten serösen Sackes gewähren, obschon auch hier viele Stellen der Sehnenoberfläche frei von jeder häutigen Bekleidung sind. Demgemäss bedarf hier, wie an so vielen anderen Orten, die alte Lehre von dem Vorkommen zusammenhängender seröser Säcke einer gründlichen Verbesserung. — In den meisten Synovialscheiden und in manchen Schleimbeuteln finden sich hie und da, namentlich an den *Retinacula,* kleinere oder grössere röthliche, fransenartige Fortsätze, die ganz an die der Gelenke erinnern und auch in der That nichts als Gefässfortsätze der Synovialhaut sind.

D. Faserknorpel und Sesambeine. Die Sehnen einiger Muskeln (*Tibialis posticus, Peronaeus longus*) enthalten da, wo sie in Sehnenscheiden verlaufen, derbere, knorpelartige Massen eingewebt, welche unter dem Namen Sesamknorpel, *Fibrocartilagines sesamoideae* bekannt sind, und wenn sie, wie es hie und da geschieht, verknöchern, zu Sesambeinen (*Ossa sesamoidea*) werden, wie sie an den Sehnen einiger Finger- und Zehenbeuger

in die Sehnen eingeflochten und mit einer von Knorpel bekleideten Fläche nach einer Gelenkhöhle gerichtet vorkommen.

Ueber den feineren Bau der letztgenannten Theile ist nur Folgendes zu bemerken. Die ohne Ausnahme dünnwandigen Schleimbeutel bestehen, insofern sie eine besondere Haut besitzen, aus verschiedentlich sich kreuzenden, locker vereinigten, an manchen Orten netzförmig verbundenen Bündeln von Bindegewebe, mit feinen elastischen Fasern, während die Schleimscheiden, entsprechend ihrer doppelten Verrichtung hier als Schleimbeutel, dort mit Sehnenscheiden verbunden als Sehnenbänder, an ihren dünneren Stellen den Bau der *Bursae mucosae*, an ihren dickeren reines, derbes Bindegewebe besitzen. An ihrer inneren Oberfläche sind beiderlei Säcke, sammt den in ihnen liegenden oder sie sonst begrenzenden Theilen, nur stellenweise von Endothelium überzogen, das aus einer meist einfachen Lage kernhaltiger vieleckiger Zellen von 9—15 μ besteht. Die eines Endothels entbehrenden Stellen sind: viele Theile der Schleimscheiden und in ihnen liegenden Sehnen und gewisse Stellen der Schleimbeutel selbst, die durch matten Glanz und gelbliches Ansehen sich auszeichnen und besonders an den Orten sich finden, wo die Sehnen und die sie umschliessenden Theile einem grösseren Drucke ausgesetzt sind. Die gemeinschaftliche Scheide der Fingerbeuger besitzt überall Endothel; dasselbe gilt von den Schleimbeuteln, in denen nur gewisse schleifenartige, ausser der eigentlichen *Bursa* die Sehnen noch umhüllende Bänder keinen Zellenüberzug zeigen, wie hie und da beim *Subscapularis, Poplitaeus* u. a.

Alle diese nackten, eines Endothelium entbehrenden Stellen besitzen ohne Ausnahme fast in ihrem ganzen Umfange die Natur von Faserknorpeln, indem dieselben zwischen ihrem an elastischen Fasern meist armen, derben Bindegewebe eine grössere oder geringere, oft sehr bedeutende Zahl von Knorpelzellen führen, unter denen runde, dunkelrandige, jedoch keineswegs dickwandige Zellen von 13—27 μ, mit rundlichem Kerne von 6—7 μ und heller Flüssigkeit mit einigen kleinen dunklen Fettkörnchen oder ohne solche weitaus die häufigsten sind. Daneben kommen noch vor: längliche Zellen mit 1 oder 2 Kernen, runde, zartwandige Zellen mit 1, 2—20 dunkelrandigen, dickwandiergen Tochterzellen, die Mutterzellen bis auf 45—67 μ messend, endlich längliche Zellen mit geschichteten Ablagerungen, einen Kern oder kernhaltige Tochterzellen einschliessend. In den Sehnen finden sich fast ausschliesslich die einfacheren Formen und zwar sind hier die Zellen, obschon oftmals recht zahlreich, doch meist vereinzelt, oder höchstens in Reihen oder Gruppen von 2—6 zwischen dem Bindegewebe sowohl oberflächlich als auch in der Tiefe enthalten; meist wechselt hier gewöhnliches Bindegewebe mit knorpelzellenführendem (Faserknorpel) ab, so dass die Sehne auf dem Querschnitte ein gesprenkeltes, weisses und gelbliches Ansehen zeigt, oder es ist auch nur die Oberfläche der Sehne knorpelhaltig, die tieferen Theile dagegen wie gewöhnlich beschaffen. Wo die eingelagerten Knorpelzellen recht zahlreich sind, finden sich die Sehnen verdickt, oder selbst wie mit besonderen faserknorpeligen Massen besetzt (*Peron. longus, Tib. posticus*). In den Schleimscheiden und den übrigen genannten Theilen liegen die Knorpelzellen nicht selten in dichteren Gruppen oder in längeren Reihen von 5—10 Zellen und darüber, in denen ohne Ausnahme die endständigen Zellen die kleinsten, die mittleren die grössten sind. Am *Os*

cuboideum findet sich da, wo die Sehne des *Peronaeus longus* vorbeigeht, eine 0,75—1,12 mm mächtige Schicht echten Knorpels, und dasselbe gilt für die *Incisura ischiadica minor,* den *Calcaneus* über der Insertion der Achillessehne und den *Hamulus pterygoideus.*

Die Gefässfortsätze der Sehnenscheiden und Schleimbeutel stimmen mit denen der Gelenke überein, nur dass sie meist kleiner sind.

§ 111.

Gefässe der Muskeln und ihrer Hilfsorgane. *A.* Blutgefässe. Die Verästelung der grossen Gefässe hat wenig Eigenthümliches. Schief oder quer treten die Stämme an die Muskeln und theilen sich, im *Perimysium internum* verlaufend, baumförmig unter spitzen oder stumpfen Winkeln, so dass alle Theile der Muskeln von ihnen versorgt werden. Die feinsten Arterien und Venen verlaufen den Muskelfasern gewöhnlich gleich und bilden zwischen ihnen ein Kapillarnetz, das so eigenthümlich ist, dass Jemand, der dasselbe einmal gesehen hat, es nie mehr verkennen kann. Dasselbe besitzt nämlich rechteckige Maschen, deren lange Seiten der Längsachse der Muskeln gleichlaufen und besteht somit aus zweierlei Gefässchen, längsziehenden, die, wie namentlich Querschnitte eingespritzter Muskeln deutlich lehren, in den Furchen zwischen je zwei Muskelbündeln oder den unregelmässigen Räumen zwischen mehreren derselben liegen, und queren, die, verschiedentlich mit jenen sich vereinigend, die Muskelfasern umstricken. So liegt jedes einzelne Primitivbündel gewissermassen in einem Flechtwerke von Kapillaren und ist behufs einer allseitigen Durchtränkung mit Blut aufs Beste versehen. Die Kapillaren der Muskeln gehören zu den feinsten des menschlichen Körpers und haben sehr oft einen geringeren Durchmesser, als die menschlichen Blutkörperchen. An einer *Hyrtl*'schen Einspritzung betragen dieselben 5,6—6,7 μ, im *Pectoralis major* mit Blut gefüllt 4,5—6,7 μ, leer 3,5—4,5 μ.

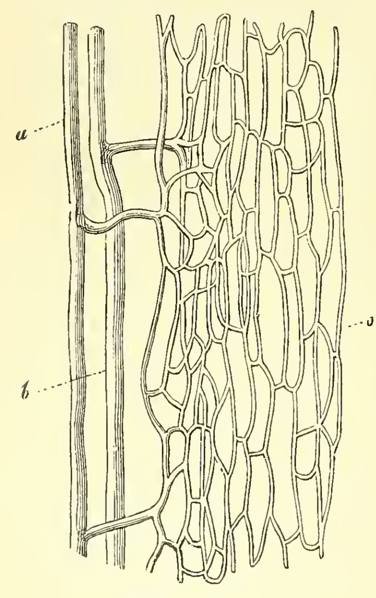


Fig. 304.

Nach den neuesten Untersuchungen von *Spalteholz* (Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. XIV.) gestalten sich bei Säugern (Hund, Kaninchen) die Gefässe der Muskeln in manchem vom Menschen abweichend folgendermassen. Die Arterien, deren in jedem Muskel mindestens je 2 vorkommen, bilden zahlreiche gröbere und feinere Netze, deren feinste Maschen, an Grösse einander ziemlich gleich, annähernd Rechtecke darstellen, deren längerer Durchmesser dem Faserverlaufe gleich liegt. Aus den Seiten dieses Netzes gehen in der Regel unter rechten Winkeln kleinste Aestchen hervor, die den

Fig. 304. Kapillargefässe der Muskeln. 250 Mal vergr. *a* Arterie, *b* Vene, *c* Kapillarnetz.

Verlauf der Fasern kreuzen und so gelagert sind, dass zwischen je zweien derselben eine kleinste Vene sich befindet. Von diesen kleinsten Arterien gehen nun nach beiden Seiten noch feinere Aestchen ab, die in die Richtung des Faserverlaufes umbiegend dann sofort in die Kapillaren sich auflösen, die, wie längst bekannt, die Muskelfasern mit rechteckigen Maschen umstricken, und im Mittel 0,7 mm lang sind. Die Venen verlaufen, mit Ausnahme der feinsten, mit den Arterien, bilden ebenfalls Netze und haben noch in Zweigelchen von 0,25 mm Klappen. — Die Gefässe eines Muskels bilden ein Ganzes für sich und sind die Anastomosen mit denen der umgebenden Theile so fein, dass dieselben für einen Kollateralkreislauf nicht in Betracht kommen. In derselben Weise fasst *Spalteholz* auch die Anastomosen in den Muskeln selbst auf, doch steht, wie mir scheint, seine Fig. 1 mit dieser Deutung nicht in Einklang.

Die Sehnen gehören zu den an Blutgefässen ärmsten Theilen des Körpers. Kleinere Sehnen sind im Innern ohne alle Spur von Blutgefässen, besitzen dagegen äusserlich in dem mehr lockeren Bindegewebe, das sie umhüllt, reichliche weitmaschige Kapillarnetze. Bei stärkeren Sehnen finden sich auch in den oberflächlichen Sehnenlagen einzelne Gefässchen und bei den stärksten lassen sich durch Mikroskop und Einspritzung spärliche Gefässnetze auch in tieferen Schichten nachweisen, doch sind auch hier die innersten Sehnentheile vollkommen gefässlos. — Wie die Sehnen verhalten sich auch die Bänder der Sehnen, nur dass in ihnen noch weniger Gefässe nachzuweisen sind. Vollkommen gefässlos sind auch die schwächeren Fascien; in stärkeren, wie der *Fascia lata*, kommen, abgesehen von dem gefässreichen lockeren Bindegewebe, das ihre Flächen deckt, eine gewisse Zahl von Blutgefässen vor, welche nach *Hyrtl* nicht von den Muskelarterien, sondern von den Hauptstämmen herkommen und in den Zwischenmuskelbändern zur Oberfläche sich begeben. Dagegen sind die Synovialhäute des Muskelsystems reich an Gefässen, vor Allem die Gefässfortsätze derselben, worüber jedoch, da diese Theile ganz mit den Synovialkapseln des Knochensystems übereinstimmen, hier nichts weiter bemerkt werden soll.

B. Lymphgefässe der Muskeln sind spärlich und zwar finde ich 1. in kleinen Muskeln, wie im *Omohyoideus* und *Subcruralis,* keine Lymphgefässe und 2. bei den grössten Muskeln nur bei gewissen einzelne solche von 0,45 bis 0,56 mm im Begleit der zu ihnen tretenden Gefässe. Da nun auch die tiefen oder Muskelgefässe der Extremitäten nur von spärlichen Lymphgefässen begleitet sind, von denen zum Theil sicher ist, dass sie nicht einmal von Muskeln kommen, so erscheint es als gerechtfertigt anzunehmen, dass, wenn bei grösseren Muskeln wirklich einige Lymphgefässe vorkommen, dieselben doch nicht zwischen die sekundären Bündel hineingehen, sondern nur in dem reicheren *Perimysium* zwischen den grösseren lockeren Abtheilungen derselben verlaufen. *Teichmann* gelang es nicht in Muskeln Lymphgefässe mit Bestimmtheit nachzuweisen (Saugadersystem S. 100). — In den Sehnen, Fascien und den Synovialhäuten des Muskelsystems hat noch Niemand Lymphgefässe gesehen.

Nach *Hyrtl* (Oester. Zeitschr. f. pr. Heilk. 1859 Nr. 8) hängen beim *Gastrocnemius* die Kapillaren der Muskeln mit denen der Sehnen nicht zusammen, dagegen dringen einzelne grössere Aestchen der Muskelgefässe in die Sehne, um sich erst da in Kapillaren aufzulösen; aus welchen überall doppelte die Arterien begleitende Venen entspringen.

§ 112.

Nerven der Muskeln. A. Motorische Nerven. Die Verbreitung der Muskelnerven zeigt schon in den gröberen Verhältnissen Eigenthümliches, insofern als sich für die meisten Muskeln nachweisen lässt, dass die Nerven nur an einigen wenigen beschränkten Orten mit ihren Fasern in Berührung kommen, und durchaus nicht der Gesammtlänge derselben entsprechend mit ihnen sich verbinden. In Betreff der letzten Endigung der Nerven finden sich in allen Muskeln Anastomosen der feineren Aeste, sogenannte Plexus. Diejenigen zwischen stärkeren Aesten sind vorzüglich und vor Allem da zu sehen, wo die gesammte Nervenverästelung in einem ganz kleinen Raume beisammen ist (siehe die Anmerkung), sonst spärlich oder selbst gar nicht vorhanden, während die zwischen den feineren und feinsten Aestchen (Endplexus *Valentin*) überall sehr zahlreich sind und mit meist länglichrunden Maschen vorzüglich der Längs-

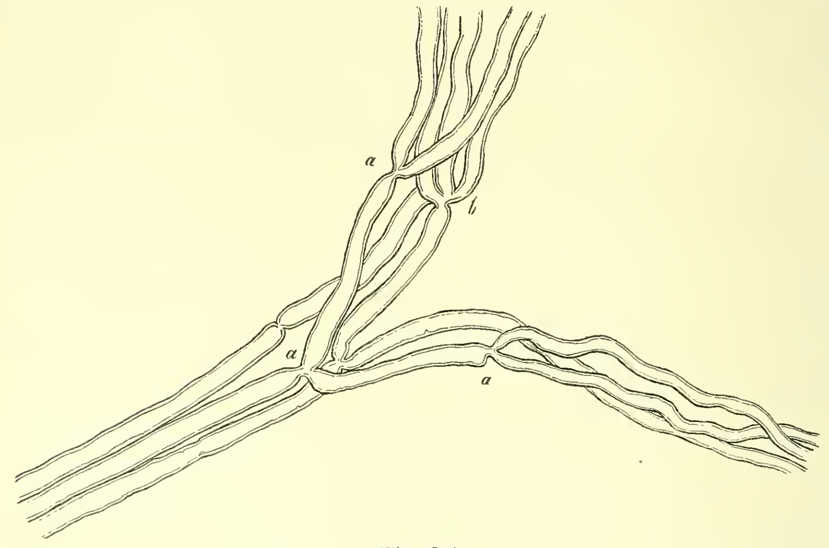


Fig. 305.

richtung der Bündel gleich verlaufen. Diese Endplexus nun, die bald engere, bald weitere Maschen besitzen und vorzüglich zwischen den Zweigen von Aestchen sich finden, welche nur eine oder zwei Primitivfasern führen, zeigen zahlreiche Theilungen der sie bildenden Nervenröhren und führen dann zu den letzten Endigungen, welche allem Anscheine nach überall aus blassen kernhaltigen Fasern bestehen. Das genauere Verhalten dieser Fasern ist seit dem Jahre 1862 von vielen Forschern untersucht worden, doch hat sich bis jetzt noch keine volle Uebereinstimmung der Ansichten herausgestellt.

Am klarsten und einfachsten liegen die Verhältnisse bei den Amphibien, unter denen vor allem der Frosch als Untersuchungsobjekt diente. Nachdem

Fig. 305. Nervenfasertheilungen in einem kleinen Aestchen aus dem Hautmuskel der Brust des Frosches. 350 Mal vergr. *a* Zweitheilungen, *b* Dreitheilung.

hier die Nervenfasern im ganzen Verlaufe der Muskelnerven zahlreiche Theilungen erlitten haben (Fig. 305), gehen dieselben zuletzt in blasse Endfasern über, die alle aus einer Fortsetzung der *Schwann*'schen Scheide und des Achsencylinders bestehen und da und dort dieselben Kerne zeigen, die auch in der *Schwann*'schen Scheide der noch dunkelrandigen angrenzenden Nerven sich finden (Fig. 306). Diese Endfasern zeigen wiederholte und oft sogar sehr zahlreiche Theilungen, aber nur selten Anastomosen, sind bald gröber, bald feiner und laufen schliesslich alle fein zugespitzt aus. In Betreff der Lage dieser

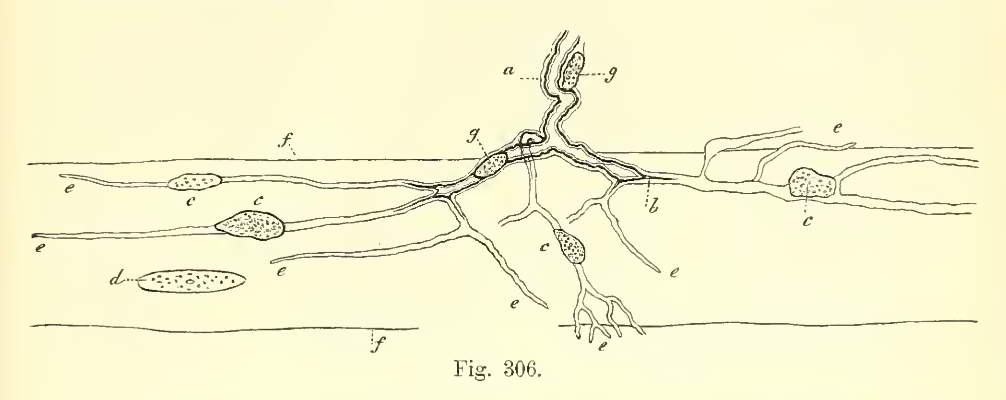


Fig. 306.

Endäste stehen sich immer noch zwei Ansichten gegenüber, indem die Einen mit *Kühne* dieselben zwischen das *Sarcolemma* und die Substanz der Muskelfaser verlegen, die anderen mit *mir* und *Krause* der Meinung sind, dass dieselben auf dem *Sarcolemma* ihre Lage haben (hypolemmale und epilemmale Lage der motorischen Endäste).

Wie die Amphibien verhalten sich auch die Knochenfische. Bei den Plagiostomen dagegen, sowie bei den Reptilien, Vögeln und Säugern finden sich besondere, durch *Rouget* aufgefundene Endigungen der Muskelnerven in Gestalt länglichrunder Platten (*Plaques terminales, Rouget*, motorische Endplatten, *W. Krause*). Diese Endplatten, von 40—60 μ Länge, 40 μ Breite und 6—10 μ Dicke bei den Säugern, bestehen auf den ersten Blick aus einer scheibenförmigen, feinkörnigen Masse mit zahlreichen Kernen, an welche eine dunkelrandige Nervenfaser sich ansetzt (Fig. 307, 308). Prüft man dieselben dagegen sorgfältiger, vor Allem mit Silber oder Gold, so ergiebt sich, dass die Endplatten doch eine grosse Uebereinstimmung mit den blassen Endbäumchen der motorischen Froschnerven zeigen. Es ergiebt sich nämlich, dass die zutretende Nervenfaser, die schon bevor sie die Endplatte erreicht, ihr Mark verliert und zu einer blassen Nervenfaser wird, im Innern der Platte in

Fig. 306. Endverästelung einer dunkelrandigen Röhre aus dem Hautmuskel der Brust des Frosches mit der Linse *à immersion* Nr. 10 von Hartnack und *Oc.* 1. *a* Scheide der Nervenröhre bei *b* auf die blassen Endfasern übergehend. *b* Fortsetzung des Nervenröhreninhaltes (vorzüglich des Achsencylinders) in die blassen Endfasern. *c* Kerne der blassen Endfasern. *d* Ein Kern der Muskelfaser *f f*, auf welcher die Verästelung der Endfasern aufliegt. *e e e e* Enden der blassen Endfasern. An den übrigen Stellen wurde ein deutliches Ende der Fasern nicht gesehen. *g* Kerne der dunkelrandigen Nervenröhren.

eine Verästelung blasser Nervenfasern übergeht, die, abgesehen davon, dass die Aeste kurz und auf einen engen Raum zusammengedrängt sind, im Wesentlichen mit den Endfasern des Frosches übereinstimmen, namentlich auch darin,

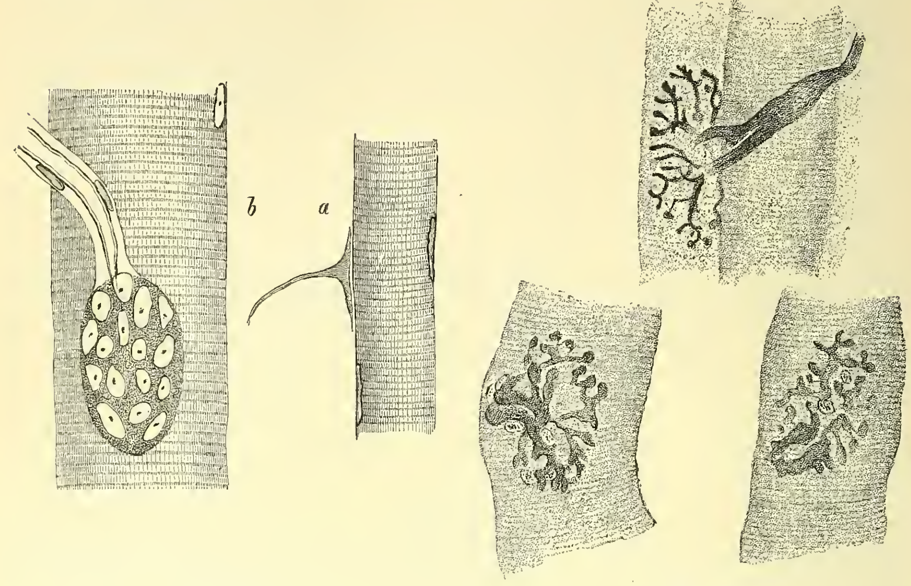


Fig. 308. Fig. 309.

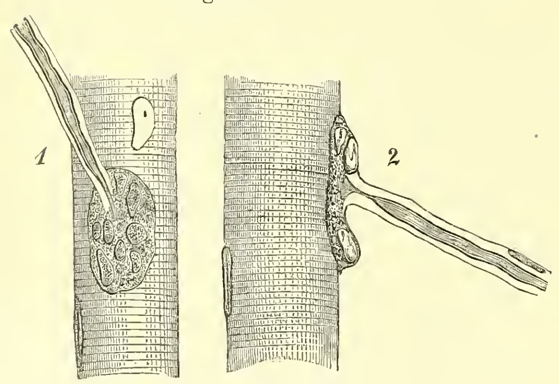


Fig. 307.

dass dieselben frei auslaufen, von Kernen besetzt sind und nur selten Verbindungen zeigen (Fig. 309). In Betreff der Lage der Endplatten wiederholt sich dieselbe Schwierigkeit wie beim Frosche, indem sowohl eine hypolemmale als eine epilemmale Lage derselben ihre Vertheidiger hat.

Fig. 307. Zwei motorische Endplatten aus dem Hautmuskel der Ratte. 400 Mal vergrössert. 1 von der Fläche 2 von der Seite. Die zutretende Nervenröhre hat eine Scheide mit Kernen. Die Platte selbst zeigt das blasse Ende der Faser bei 2 verbreitert, ferner Kerne, eine granulirte Substanz und eine Hülle, die mit der Nervenscheide zusammenhängt. Aus einem mit sehr verdünnter Essigsäure behandelten Muskelstücke.

Fig. 308. *a* Eine Muskelfaser der Ratte mit sehr verdünnter Essigsäure behandelt, an der von der zutretenden Nervenfaser und der Endplatte nur der Achsencylinder mit einem scheibenförmigen Ende in Verbindung mit der Muskelfaser sich erhalten hat. *b* Muskelfaser des Kaninchens mit einer motorischen Endplatte. (Vergr. 400.)

Fig. 309. Drei motorische Nervenendigungen vom Kaninchen mit arseniger Säure und Goldchlorid-Kalium nach *Golgi* dargestellt. An zweien von den Endbäumchen sind Kerne sichtbar. Syst. 7. Oc. 3. kurzer Tubus eines Leitz.

Ein Bestandtheil scheint den motorischen Nervenenden der höheren Wirbelthiere eigen zu sein und das ist die feinkörnige Substanz, welche die blasse Endverästelung der Nervenfaser umgiebt. Dieselbe lässt nur zwei Deutungen zu. Entweder entsteht dieselbe durch eine Wucherung der Zellen der *Schwann*'schen Scheide, die auch bei den Endplatten die blassen Endäste oder Achsencylinder bekleiden und würde sich so erklären, dass diese granulirte Substanz Kerne enthält, die nicht an den Endfasern direkt ansitzen (Sohlenkerne, *Kühne*, *Noyaux fondamentaux*, *Ranvier*). Oder es ist dieselbe, sammt den eben erwähnten Kernen eine Fortsetzung der *Henle*'schen Nervenscheide, welche, wie *Krause* annimmt, die gesammte Endplatte umhüllt und mit dem *Sarcolemma* verbindet, eine Aufstellung, die eine epilemmale Lage der *Rouget*'schen Endplatten voraussetzen würde.

Die Endigungen der motorischen Fasern der Wirbellosen stellen überall Endplatten dar, deren genaueres Verhalten noch nicht ermittelt ist. Viele derselben liegen unmittelbar der Muskelsubstanz an, sei es dass dieselbe einer Hülle entbehrt (Thoraxmuskeln vieler Insekten) oder eine solche besitzt, andere scheinen auf dem *Sarcolemma* ihre Lage zu haben. Mehr weniger bestimmte Andeutungen von Theilungen der hier von Hause aus marklosen Nervenfasern sind vorhanden und ebenso besitzen auch gewisse Endplatten Kerne, z. Th. sogar in grösserer Zahl.

Bezüglich auf die Vertheilung der Nervenenden in den Muskelfasern, so steht in erster Linie fest, dass jede Muskelfaser mindestens Ein Nervenende besitzt. In einzelnen Fällen können bei Wirbelthieren auch zwei solche sich finden, wie dies namentlich für den Frosch nachgewiesen ist. Bei manchen Wirbellosen kommen gesetzmässig mehrere Nervenenden an Einer Muskelfaser vor.

Mit Bezug auf die Zahl der Nervenendigungen im Verhältniss zur Zahl der Muskelfasern eines Muskels schien aus den Angaben von *Reichert* hervorzugehen, dass im Brusthautmuskel des Frosches auf jede Faser etwa zwei Enden kommen. *Reichert* fand in diesem Muskel 160—180 Muskelfasern und am Nerven, der 7—10 Primitivfasern besitzt, so viele Theilungen, dass schliesslich 290—300 Endigungen entstanden. Diese Angaben sind jedoch nach verschiedenen Seiten nicht richtig oder einer anderen Deutung fähig. Der Hauptpunkt ist, dass *Reichert* in seinen mit Kali durchsichtig gemachten Muskeln die letzten Enden der Nervenfasern gar nicht sehen konnte. Andere Untersuchungen ergaben, dass viele Muskelfasern von zwei markhaltigen Nervenfasern ihre Endäste bekommen. So finden sich unter den von mir in der Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XII, Taf. XIII dargestellten 11 Endigungen nicht weniger als 4, in denen eine Muskelfaser je zwei markhaltige Nervenfasern erhält und Ein Fall mit 3 Fasern.

Hierzu kommt ferner, dass, wie ich finde, *Reichert* die Zahl der Muskelfasern des genannten Muskels zu niedrig annimmt. Minder wesentlich ist, dass auch die Zahl der Fasern im Nervenstamme des genannten Muskels grösser ist, als *Reichert* angab, und zwar nach *Mays* 20—22. Diesem zufolge würde bei 200 Muskelfasern des Hautmuskels jede Stammfaser der Nerven ungefähr 10 Muskelfasern beherrschen und das sogenannte *Reichert*'sche Gesetz, demzufolge die Theilungen in motorischen Nerven die Bedeutung haben sollen, recht viele Fasern der Muskeln mit jeder einzelnen Stammfaser in Verbindung zu bringen, auf ein sehr bescheidenes Maass zurückgeführt sein.

Theilungen doppeltkonturirter Nervenfasern in Muskeln entdeckten 1844 *J. Müller* und *Brücke* beim Hechte; 1846 sah *R. Wagner* solche beim Frosche und bei Säugern, 1850 *ich* beim Menschen. In neuester Zeit ist diesen Theilungen, besonders in Folge der bekannten wichtigen Versuche von *Kühne* am *Gracilis* des Frosches,

eine grössere Aufmerksamkeit geschenkt worden, und verdanken wir *Mays* schöne Untersuchungen, deren wesentlichste Ergebnisse folgende sind.

1. Die Theilungen der Nervenfasern sind in den motorischen Stämmen für gewöhnlich auf die Nähe der Muskeln beschränkt;
2. beim *Gracilis* des Frosches finden sich im Nervenstamme desselben viele Theilungen, deren Aeste in beide Muskelhälften gehen;
3. in allen gröberen Aesten der motorischen Nerven eines Muskels finden sich viele Theilungen;
4. Keine Theilungen zeigen die gröberen Nervenstämme und der *Plexus ischiadicus;*
5. die reichsten Theilungen sind 3 und 5 Theilungen.

In Betreff der Endigungen der Muskelnerven beschrieben an der Stelle der früher angenommenen Endschlingen beim Frosche zuerst *R. Wagner* 1847 freie Endigungen, dann *ich* selbst (1850) und *Reichert* (1851). Später schilderten *Schaafhausen* (1859) und *Beale* (1860) ein feines Endnetz ausserhalb des *Sarcolemma.* Eine neue Wendung erhielt die Frage nach den Nervenenden in den Muskeln 1862 durch *Kühne,* dem wir die ersten genauen Angaben über die marklosen blassen Nervenenden des Frosches verdanken, und thut es seinen grossen Verdiensten um diese Frage keinen Abbruch, dass er die Kerne dieser Endverästelung, wie ich im nämlichen Jahre zuerst nachwies, irrthümlich unter dem Namen „Endknospen“ oder „Besatzkörperchen“ als besondere Endorgane bezeichnete. *Kühne* verlegte beim Frosche die Endfasern unter das *Sarcolemma,* wogegen ich selbst Einspruch erhob, während ich sonst die Angaben dieses Forschers über die Endfasern voll zu bestätigen in der Lage war.

Ein weiterer wichtiger Schritt geschah durch *Rouget,* der 1862 die motorischen Endplatten der höheren Wirbelthiere auffand. Er beschreibt dieselben als körnige Massen mit Kernen, die unter dem *Sarcolemma* liegen und betrachtet dieselben als Endverbreiterung des Achsencylinders. Für den Frosch schloss sich *Rouget* mit *W. Krause* meinen Angaben an. Die *Rouget*'schen Endplatten wurden sofort von *Krause, Engelmann, Waldeyer* u. A. bestätigt und bei vielen Geschöpfen verfolgt, doch gelang nur *Krause* ein wesentlicher Fortschritt, indem er nachwies, dass in den Endplatten des *Retractor bulbi* der Katze die dunkelrandige Nervenfaser in einige wenige blasse Endfasern auslaufe. *Rouget* und *Kühne* bestritten anfangs diese Angabe, doch wurden sie bald genöthigt, dieselbe anzuerkennen, nachdem *Cohnheim* im Jahre 1863 im Höllenstein ein vortreffliches Mittel aufgefunden hatte, um diese Endverästelungen nachzuweisen, welche sich nun allerdings als viel reichhaltiger ergaben, als *Krause* dieselben anfangs gesehen hatte. Als später (1873) durch *Gerlach* auch noch die Anwendung des Goldes dazu kam, wurde es ein Leichtes, die Hauptformen der Verästelungen der Endfasern in den motorischen Endplatten zu verfolgen und bildete die anfängliche Behauptung von *Gerlach,* dass die Nervenenden als feines Netz das Innere der Muskelfasern durchziehen, die sofort von *Ewald* und *Fischer* bekämpft wurde, nur eine bald verlassene Zwischenbesprechung.

Unter den dieser neuen Zeit angehörenden Untersuchungen sind besonders diejenigen von *Ranvier,* von *W. Krause* und von *Kühne* von Belang und verweise ich namentlich auf die letzte grossartige Arbeit von *Kühne* (Zeitschr. f. Biol. N. F. Bd. V. 1887), die Alles enthält, was dieser um die Lehre von den motorischen Nervenenden so verdiente Gelehrte ermittelt zu haben glaubt. Die Hauptpunkte, mit Bezug auf welche noch keine Uebereinstimmung besteht oder weitere Ermittelungen wünschenswerth sind, sind folgende:

1. Die Beschaffenheit der blassen Endfasern. Ich halte es für ganz ausgemacht und keiner Besprechung bedürftig, dass die blassen Endfasern alle aus einem Achsencylinder und einer Umhüllung von der *Schwann*'schen Scheide bestehen und dass die Kerne, welche diesen Endfasern anliegen, dieser Scheide angehören, die somit jedenfalls nicht mit dem *Sarcolemma* verschmilzt. Auch *Kühne* hat nun (l. c. S. 73) seine Endknospen als Kerne anerkannt, scheint aber den Namen ohne Grund beibehalten zu wollen. Die Entstehung der *Schwann*'schen Scheide aus Zellen, die in meiner Entwickelungsgeschichte (2. Aufl. 1879, S. 621) nachgewiesen wurde, steht mit der Deutung der fraglichen Kerne in keinem Zusammenhange, denn seit den Arbeiten von *Ranvier* und

Axel Key und *Retzius* weiss man längst, dass die *Schwann*'sche Scheide und deren Kerne eine besondere Umhüllung der markhaltigen und marklosen Nervenfasern darstellt.

2. Das Vorkommen von Anastomosen in der Endverästelung der motorischen Nerven. Unzweifelhaft fehlen in vielen Endverästelungen Anastomosen und begreift man leicht, wie *Ranvier* dazu gelangt, dieselben zu leugnen. Auf der anderen Seite scheint es mir aber doch ausgemacht, dass solche vorkommen und habe ich dieselben, wenn auch selten, beim Frosche und auch bei Säugern gesehen. Wenn wir solche Anastomosen als Durchflechtungen von Achsenfibrillen auffassen und nicht den früheren Endschlingen gleich als wirkliche Endigungen, so wüsste ich nicht, was von allgemeinen Erwägungen aus gegen dieselben eingewendet werden könnte.

3. Die fein granulirte Substanz und deren Kerne (Sohle und Sohlenkerne, *Kühne, Noyaux fondamentaux, Ranvier*) in den Endplatten der höheren Wirbelthiere. Da eine solche Substanz bei den Amphibien nicht vorhanden ist, so kann dieselbe keine grössere Bedeutung haben, doch möchte ich keine bestimmte Deutung derselben wagen, so lange als nicht weitere Untersuchungen über deren Vorkommen vorliegen. Immerhin kann schon jetzt betont werden, erstens dass das Vorkommen von Kernen in den motorischen Endplatten, bei den Wirbellosen vor Allem, manchen Wechseln unterliegt und zweitens, dass nach meinen Erfahrungen bei Säugern (Kaninchen) Platten vorkommen, die keine Sohlenkerne besitzen.

4. Die Lage der Endplatten und Endverzweigungen auf oder unter dem *Sarcolemma*. Die grosse Mehrzahl der Untersucher hat sich für die Lage der motorischen Endfasern unter dem *Sarcolemma* ausgesprochen und ist nicht zu leugnen, dass die Annahme einer unmittelbaren Berührung zwischen der kontraktilen Muskelsubstanz und den Nervenenden vom physiologischen Gesichtspunkte aus zusagender erscheint, als die einer Trennung beider durch das wenn auch noch so zarte *Sarcolemma*. Hierzu kommt, dass bei den Wirbellosen die Lage der Nervenenden unterhalb deren Hülle nicht bezweifelt werden kann. Trotz dieser Verhältnisse kann ich auch nach neu aufgenommenen Untersuchungen nicht davon abgehen, dass beim Frosche und bei Säugern die Nervenenden auf dem *Sarcolemma* liegen, möchte jedoch an diesem Orte in keine Besprechung dieser Frage mich einlassen, die doch zu keiner Erledigung führen würde und verweise auf meine Erörterungen im Bd. XII der Zeitschr. f. wiss. Zool., und auf *Kühne*'s und *Krause*'s Arbeiten über diese Frage. Die Wirbellosen betreffend, so haben viele quergestreifte Muskelfasern derselben (Thoraxmuskeln der Insekten z. Th.) kein *Sarcolemma* und ob die Muskelhülle der anderen Gliederthiere dieselbe Bedeutung hat, wie das *Sarcolemma* der Wirbelthiere, ist auch nicht ausgemacht.

Wie die Sachen jetzt liegen, werden übrigens diejenigen, die eine hypolemmale Lage der Nervenenden annehmen, nicht umhin können, die ursprüngliche Ansicht von *Kühne* aufzugeben, dass die *Schwann*'sche Scheide derselben mit dem *Sarcolemma* verschmelze, da dieselbe jedenfalls auch auf die Endfasern übergeht.

5. In Betreff der Nomenklatur wird es *Kühne*'s grossen Verdiensten um die Frage der motorischen Nervenenden gewiss keinen Eintrag thun, wenn er auf viele der von ihm aufgestellten Namen verzichtet, unter denen ich die von *Telolemm, Epilemm, Endolemm* besonders bezeichnen möchte. Anderen gegenüber möchte ich verschiedentlich aufgetauchte Barbarismen, wie „*Tendilemma*", „*Peritendineum*" u. a., in die Acht thun.

Die motorischen Nervenendigungen der Wirbellosen sind besonders in den Arbeiten von *Kühne* (1859), *Engelmann* (1863), *Föttinger, Ranvier, Thannhofer, Bremer, Retzius, Rollet* besprochen, auf welche hiermit verwiesen wird. Die von *Engelmann* und *Föttinger* betonte Verbindung der Nervenenden mit den Zwischenscheiben *Z* hat sich bis jetzt nicht bestätigt und hat auch der letzte Untersucher dieser Verhältnisse *Rollet* gegen dieselbe sich ausgesprochen.

§ 113.

B. Sensible und Gefässnerven der Muskeln und Sehnen. Wie ich selbst 1850 beim *Omohyoideus* des Menschen und *Reichert* 1851 beim Brusthautmuskel des Frosches gezeigt haben, besitzen die Muskeln auch Nervengebiete, die kaum anders denn als Empfindungsnerven gedeutet werden können,

Elemente, die später bei dem genannten Froschmuskel 1862 von **mir** selbst, 1872 von *Odenius* und 1875 von *Sachs* genauer verfolgt wurden.

Das allgemeine Verhalten dieser Fasern ist im Hautmuskel des Frosches so, dass von dem Nervenstamme desselben da und dort einzelne Fasern sich ablösen, um in weitem Verlaufe mit einzelnen Theilungen über den ganzen

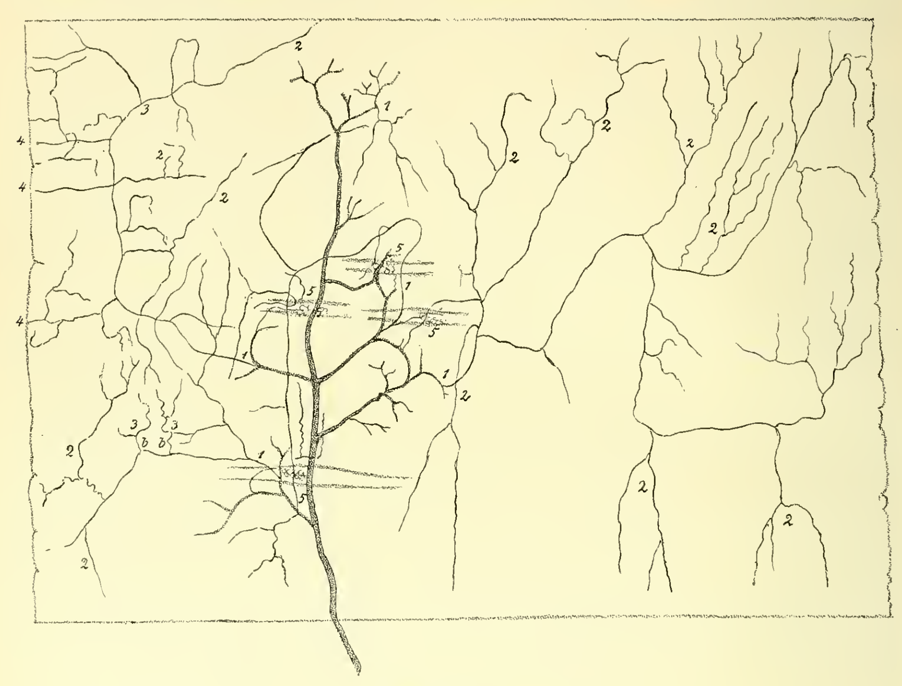


Fig. 310.

Muskel auch an den Stellen, wo Muskelnerven gänzlich fehlen, sich auszubreiten. Im Einzelnen ist der Verlauf dieser Nerven nie bei zwei Muskeln auch nur annähernd gleich und verweise ich daher statt aller weiteren Beschreibung auf die Fig. 310, in welcher ein Fall getreu nach der Natur gezeichnet dargestellt ist. In diesem Muskel fand ich fünf Stämmchen sensibler Fasern (1,1,1,1,1) alle nur aus je Einer schmalen Primitivfaser gebildet, von denen ein sehr entwickeltes den proximalen Theil des Muskels versorgte, während in der mittleren Gegend zwei, ein längeres und ein kürzeres, und im distalen Theile zwei längere Stämmchen vorkamen. Ueber das genauere Verhalten

Fig. 310. Nervenausbreitung im Brusthautmuskel des Frosches. Ger. Vergr. Die Muskeläste sind nur in ihrer gröberen Verzweigung angegeben. 1, 1, 1, 1, 1 Fünf sensible Nervenfasern; 2, 2, 2 blasse Endfasern dieser, deren Kerne nicht angedeutet sind; 3, 3, 3 sensible Fasern, die zur tieferen Seite des Muskels treten; 4, 4, 4 dunkelrandige sensible Fasern, die am unteren Rande des Muskels über den Bereich desselben hinausgehen; 5, 5, 5, 5 vier Muskelknospen mit den betreffenden Nerven. Alle sensiblen Fasern sind zu dick dargestellt und verweise ich in dieser Beziehung auf die Originalzeichnung in Zeitschr. f. w. Zool. XII. Taf. XIV.

dieser sensiblen Fasern hat mir die Untersuchung vieler Muskeln folgendes gelehrt:

1. Dieselben entspringen alle aus einer einzigen sensiblen Stammfaser, die in seltenen Fällen nicht in der Bahn des motorischen Nervenstämmchens, sondern für sich und manchmal in ziemlicher Entfernung von demselben zum Muskel sich begiebt. In den Fällen, in denen keine solche selbständige sensible Stammfaser vorhanden ist, ist es nicht möglich, die sensiblen Zweige zu Einer Stammfaser zurück zu verfolgen.

2. Dem Baue nach besitzen die sensiblen Fasern eine *Henle*'sche und eine *Schwann*'sche Scheide, jede mit ihren Kernen und sind markhaltig (Fig. 108). An den feineren Fasern findet sich nur die *Schwann*'sche Scheide mit Kernen und der Achsencylinder ohne Markhülle. Die Stammfasern der sensiblen Fasern sind ziemlich starke Röhren, die den motorischen nichts oder nicht viel nachgeben. Dagegen sind die für sich verlaufenden noch markhaltigen sensiblen Fasern feine Röhren, die ohne *Henle*'sche Scheide 2 μ kaum übersteigen, und die marklosen Endfasern messen alle unter 2 μ bis zu unmessbarer Feinheit.

3. Der Verlauf der noch dunkelrandigen sensiblen Fasern ist so, dass die überwiegende Mehrzahl derselben unter oft wiederholten Theilungen der äusseren, der Haut zugewandten Fläche des Muskels zustrebt, um hier unter einer dünnen, den Muskel bedeckenden Fascie zu enden, welche zugleich auch die Wand des an den Muskel angrenzenden Lymphraumes bildet. Nur wenige Zweige der sensiblen Stämmchen begeben sich zur tiefen Fläche des Muskels und keiner verästelt sich, soviel zu ermitteln war, zwischen den Muskelfasern selbst, obwohl die von dem an der tiefen Fläche des Muskels gelegenen Nervenstämmchen gegen die äussere Fläche ziehenden sensiblen Fasern zwischen den Muskelfasern durchzutreten haben, um an diese Fläche zu gelangen, wobei sie nicht immer den kürzesten Weg einschlagen, sondern oft auf längere Strecken zwischen ihnen verlaufen.

4. Die letzten Endigungen der sensiblen Fasern sind ungemein feine Fädchen, nicht stärker als Bindegewebsfibrillen, die langgestreckt fein auslaufen und manchmal in der Nähe ihres Endes noch Kerne besitzen (Fig. 108*a*). An dem in der Fig. 310 dargestellten Muskel fanden sich an 100 solche Enden und wahrscheinlich sind mir trotz aller Mühe noch manche derselben entgangen. Ausser freien Enden kommen auch hie und da Anastomosen dieser Fasern vor. Ferner ist zu bemerken, dass am distalen Rande des Muskels eine gewisse Zahl (7) noch dunkelrandiger sensibler Fasern den Muskel verliessen, um wahrscheinlich auf den Bauchmuskeln zu enden.

Mit diesen meinen Erfahrungen stimmen, soviel sich aus den wenigen beigegebenen Abbildungen entnehmen lässt, die von *Odenius* im Wesentlichen überein, ebenso die von *Tschiriew* (l. c.) dessen „terminaisons en grappe", wie ich verschiedenen Missdeutungen gegenüber bemerke, von ihm nicht als sensible, sondern als jüngere motorische Endigungen aufgefasst werden. Dagegen meldet *Sachs* von dem Brusthautmuskel des Frosches, dass die sensiblen Fasern z. Th. im Perimysium frei enden, z. Th. die Muskelfasern mit feinen Terminalfibrillen umspinnen (l. c. Fig. 2). Da jedoch *Sachs* ein solches Verhalten nur mehrere Male und sogar nur ein einziges Mal vollbeweisend beobachtete, so wird es wohl gestattet sein, dasselbe als Ausnahme zu betrachten und den oben erwähnten

Fällen anzureihen, in denen die sensiblen Nervenfäserchen Muskelfasern auf längere Strecken begleiten. Jedenfalls ist nach meinen Erfahrungen soviel sicher, dass das von *Sachs* beschriebene Verhalten nur einen Ausnahmefall und nicht die Regel darstellt, indem derselbe sonst ebenso leicht zur Anschauung kommen müsste, wie die von mir gefundenen feinen Enden der sensiblen Nerven. Viel weniger als alle genannten Beobachter ist *Mays* den sensiblen Muskelnerven auf die Spur gekommen, wie vor Allem aus seiner Behauptung hervorgeht, ich habe Bindegewebszüge für marklose Nerven gehalten (Zeitschr. f. Biol. Bd. XX S. 478, 545).

Ausser beim Frosche beobachtete ich auch bei Säugern, (Kaninchen, Maus), wie schon vor Jahren im *Omohyoideus* des Menschen, Fasern, die ich ihrer eigenthümlichen Verbreitung halber für sensible halten muss, Elemente, die in allen wesentlichen Charakteren: grossem Verbreitungsbezirk, Feinheit, Endigung mit marklosen kernhaltigen Fäserchen, mit denen des Frosches übereinstimmten, jedoch bis anhin in keinem Muskel so genau verfolgt wurden, dass ich eine Einzelbeschreibung derselben geben könnte.

Im Hautmuskel der Brust des Frosches fand ich auch Gefässnerven, deren Verlauf und Ursprung mir jedoch nicht vollkommen klar wurde. Dieselben stimmen ganz und gar mit den blassen sensiblen Endfasern überein und besitzen wie diese von Stelle zu Stelle Kerne. Ihr Vorkommen anlangend fand ich dieselben besonders an kleineren Venen und Gefässchen der arteriellen Seite, die jedoch keine Muskeln mehr besassen und konnte sie oft mit Theilungen auf lange Strecken von einem Aste auf andere verfolgen, ohne bestimmte Enden zu finden. An Gefässen von entschieden arteriellem Baue sah ich sie in einzelnen Fällen auch, vermisste sie jedoch häufig, ohne in dieser Beziehung ganz Sicheres vorbringen zu können. Nur einmal sah ich einen Ursprung der Gefässnerven von einer dunkelrandigen Faser, die ein Ast einer sensiblen Faser war, und scheint es demnach, dass wenigstens ein Theil dieser Nerven sensibel ist, wofür auch ihr häufiges Vorkommen an muskelfreien Gefässen spricht.

Gefässnerven finden sich auch bei Säugern in den Muskeln an allen grösseren Gefässen. Dieselben bestehen nur aus feinen Fasern und sind in ihrer Verbreitung und Herkunft noch nicht hinreichend erforscht.

Die Nerven der Sehnen sind von zweierlei Art, Gefässnerven und eigentliche Sehnennerven. Die ersteren beschrieben 1847 *Engel* (Zeitschr. der Wiener Aerzte I S. 311 und 1850 ich auch beim Menschen (Mikr. Anat. II 1, S. 244, Fig. 71), später auch *Luschka*, während die eigentlichen Sehnennerven wohl zuerst von mir in den oberflächlichen Lagen der Sehnen von Fledermäusen gesehen wurden. (Ds. Handb. 5. Aufl. S. 169). Ueber diese Nerven hat nun namentlich die neuere Zeit viele wichtige Aufschlüsse geliefert. Fast gleichzeitig und ohne von einander zu wissen, beschrieben *Rollet* im *Sternoradialis* des Frosches und *Sachs* in demselben Muskel und im *Semitendinosus*, dann beim Salamander, der Eidechse, der Maus, der Katze besondere Sehnennerven, die besonders im *Sternoradialis* des Frosches (*Rollet*, Fig. 1) eine reiche selbständige Verästelung bilden und auch in den Sehnen des Mäuseschwanzes sehr zahlreich sind (*Sachs*, S. 408, Holzschnitt). Ueber die letzten Endigungen dieser Nerven kamen beide Forscher, ebenso wie *Te Gempt* (Ein Beitr. z. L. v. d. Nervenendigungen, Kiel 1877, Diss.) nur theilweise ins Reine,

immerhin ergab sich soviel, dass dieselben eine Art Endorgane bilden (Nervenschollen, *Rollet*, Endbüsche, Gestrüppe, *Sachs*) und mit Verästelungen dunkelrandiger, schliesslich markloser Fasern enden. Genaue Aufschlüsse über diese Form der Nervenenden gab erst 1880 *Golgi* bei der Achillessehne der Eidechse mit Hilfe seiner Goldmethode, aus denen sich ergab, dass die Nerven in ein dichtes Netz blasser markloser Fäserchen mit freien Enden und stellenweisen Anschwellungen auslaufen (l. c. Tav. I, Fig. 1—3). Diese Angaben kann ich für den *Sternoradialis* des Frosches, den ich bisher allein mit Gold und meiner dünnen Essigsäure untersuchte, dahin erweitern, dass diese sensiblen Endplatten wie ich sie heissen will, ebenso wie die motorischen, aus kernhaltigen, d. h. mit *Schwann*'scher Scheide versehenen marklosen Fasern bestehen, deren Kerne an Goldpräparaten nur schwer zur Anschauung kommen.

Ausser diesen Endplatten hat nun aber *Golgi* in den Sehnen des Menschen, der Säuger (Kaninchen, Maulwurf, Hund und Katze) und der Vögel ganz besondere Endorgane aufgefunden, die er „*Organi nervosi terminali musculo-tendinei*“ nennt und die ich ihm zu Ehren *Golgi*'sche Sehnenspindeln heissen will. Diese Organe, die bis jetzt nur *Marchi* und *Cattaneo* genauer beschrieben und bildlich dargestellt haben und *Kerschner* kurz erwähnt, habe ich beim Kaninchen, Meerschweinchen und auch beim Menschen genau untersucht und die Schilderungen von *Golgi* und seiner Schüler in allen Beziehungen zutreffend gefunden, wie das Folgende lehren wird.

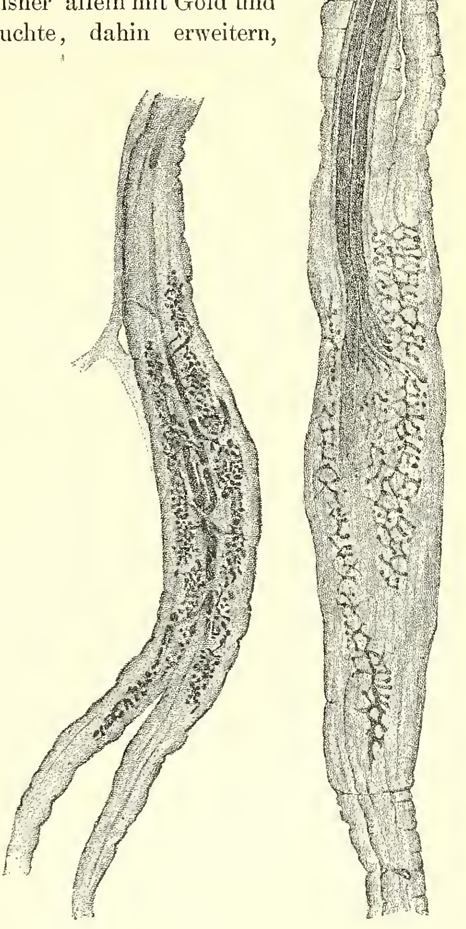


Fig. 312. Fig. 311.

Fig. 311. Eine *Golgi*'sche Sehnenspindel des Kaninchens mit Ameisensäure und Goldchlorid nach *Ranvier* gefärbt. Eine starke dunkle Nervenfaser theilt sich an der Spindel angelangt und bildet eine grosse Zahl terminaler Netze und freier Enden im Innern. Syst. 7, Oc. I, Kurz. Tub. e. Leitz.

Fig. 312. Ein ebensolches *Golgi*sches Organ, bei dem die zutretenden Nervenfasern nicht, wohl aber viele Aeste und Enden deutlich sind. Ger. Vergr.

Die *Golgi*'schen Sehnenspindeln stellen beim Kaninchen 0,24 bis 0,79 mm lange, 0,02 bis 0,11 mm breite, in der Regel spindelförmige Organe, dar, welche, wie ich entgegen *Kerschner*'s Angabe finde, ringsherum von dem benachbarten Sehnengewebe scharf abgegrenzt sind. Neben einfachen Spindeln kommen auch Organe vor, die an einem oder an beiden Enden in eine Gabel auslaufen, ebenso finden sich selten auch drei Endäste. Auch Spaltungen einer Spindel bis zur Mitte werden wahrgenommen (*Cattaneo*, Fig. 3, 8, 12) und fast vollständige Zweitheilung sahen *Cattaneo* (Fig. 2) und *Kerschner*. Das eine Ende (das Sehnenende) der Spindeln geht in allen Fällen in ein Sehnenbündel über, während *Golgi* und *Cattaneo* das dem Muskel nähere ohne Ausnahme in eine grössere Zahl von Muskelfasern (bis zu 9, *Cattaneo*) sich fortsetzen lassen. *Marchi* dagegen beschreibt an beiden Enden der *Golgi*'schen

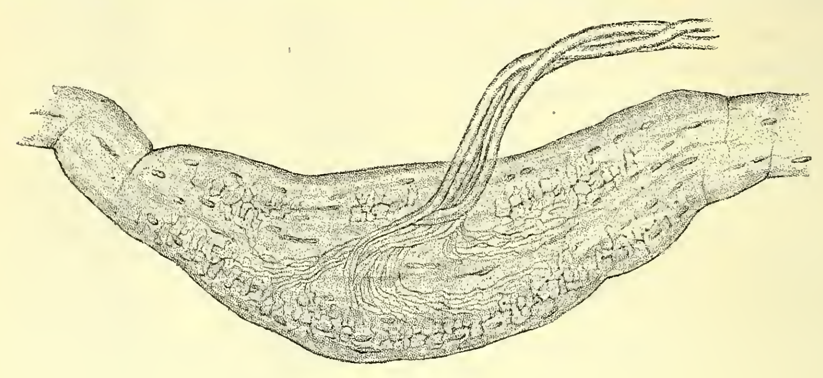


Fig. 313.

Sehnenspindeln der menschlichen Augenmuskeln Sehnenbündel und dasselbe finde ich beim Kaninchen in der grossen Mehrzahl der Präparate, doch habe ich allerdings auch hier in einzelnen Fällen an den Muskelenden der Spindeln Muskelfasern gesehen, die jedoch bei erwachsenen Thieren meist breiter waren, als sie *Cattaneo* in der Mehrzahl seiner Figuren zeichnet (Fig. 311—313).

Dem Baue nach bestehen die *Golgi*'schen Spindeln aus einer gut entwickelten bindegewebigen Hülle, die in die Scheiden der angrenzenden Sehnenbündel sich fortsetzt, aber fester ist als diese, nicht selten, besonders an den verschmälerten Enden, von ringförmigen Fasern umsponnen erscheint, und wie ich mit *Cattaneo* su sehen glaube, an ihrer Innenfläche von einem Endothel ausgekleidet ist. Innerhalb dieser Hülle liegen zwei, drei und noch mehr Sehnenbündel, andere Male, wie es scheint, eine mehr zusammenhängende Masse von Sehnensubstanz und an der Oberfläche dieser Bündel breiten sich dann die letzten Enden der Nerven dieser Spindeln aus. Diese sind gewöhnlich von mittlerer Stärke und treten mit 1, 2, bis zu 3 und 4 Fasern an die Organe heran, die sie meist in der Mitte erreichen. Doch kommt es auch nicht selten vor, dass die Nerven an die Enden der Körperchen sich ansetzen. In allen Fällen streben die Nervenfasern nach der Mitte zu, theilen sich wieder-

Fig. 313. Eine *Golgi*'sche Sehnenspindel des Kaninchens mit sehr verdünnter Essigsäure. Mittl. Vergr.

holt noch im markhaltigen Zustande und verbreiten sich mit ihren letzten marklosen Enden im ganzen dickeren Theile der Spindeln, indem dieselben die Sehnenbündel umspinnen und vorzüglich die oberflächlichen Theile der Spindeln in der Nähe der Hülle einnehmen. Das genaue Verhalten dieser letzten Enden erkennt man nur an Goldpräparaten und stimmen meine Wahrnehmungen im Wesentlichen mit denen von *Golgi* und *Cattaneo* überein, indem auch ich ein Netz und freie Enden finde, doch sehe ich die Netze nicht wie Bäumchen, sondern mehr wie in die Länge gezogene schmale Platten und Bänder. Auch an Präparaten, die mit meiner verdünnten Essigsäure hergestellt wurden, sieht man diese blassen Endfasern ziemlich gut als blasse feine Fäserchen, hie und da mit Knotenpunkten, (Fig. 313), erkennt jedoch ihre Verbindung mit den dunkelrandigen Fasern nur selten, wogegen diese an Goldpräparaten ungemein leicht zur Anschauung kommen. Dagegen lehrt Behandlung mit Essigsäure, dass an den Endfasern auch einzelne rundliche Kerne ansitzen, wie an anderen blassen Nervenendigungen.

Cattaneo bildet auch Blutgefässe der *Golgi*'schen Sehnenspindeln ab (l. c. Fig. 4, 5, 6).

Vom Menschen kenne ich die *Golgi*'schen Organe von einem vier- und einem siebenzigjährigen Individuum. Bei letzterem waren dieselben 1,28 bis 1,42 mm lang, am Muskelende 0,17—0,25 mm breit und mit 3—5 Muskelfasern in Verbindung, am Sehnenende zugespitzt.

Die Verbreitung der Organe von *Golgi* scheint manchen Wechseln unterworfen zu sein; doch bedarf es noch vieler Untersuchungen, um über diese Verhältnisse ins Klare zu kommen. Beim Kaninchen (und Menschen nach *Golgi*) scheinen dieselben an allen Sehnen vorzukommen, jedoch in sehr wechselnder Menge. So viele, wie *Golgi* in seiner Fig. 4 zeichnet, sind selten und ist jedenfalls die Zahl der Organe im Verhältniss zur Zahl der Muskelfasern eine sehr spärliche, so dass selbst grössere Extremitätenmuskeln kaum mehr als 5—10—20 solcher Spindeln zeigen. Die Lage ist fast ausnahmslos in der Nähe der Uebergangsstellen der Muskeln in Sehnen, mögen dieselben an den Enden von Muskeln oder im Innern derselben liegen.

Ausser den angegebenen sensiblen Endigungen finden sich noch, wie *Rauber* (Ber. der naturf. Ges. ln Leipzig 1876, Zool. Anz. 1880, Festschrift f. Bischoff 1882) und *Golgi* (l. c.) zuerst gezeigt haben, in Sehnenscheiden, Sehnen, Muskelscheiden und Fascien beim Menschen, vor allem aber auch bei Säugern (*Rauber*, *Cattaneo*) und Vögeln (*Rauber*) verschiedenartige Formen von Endkolben und *Pacini*'schen Körperchen. Beim Menschen beschreibt *Golgi* solche vom Vorderarm und der Hand und lehren seine Abbildungen, dass diesselben z. Th. den *Pacini*'schen Körperchen der Vögel, d. h. (der *Key-Retzius*'schen Varietät derselben (s. S. 188) gleichen, z. Th. grösseren Endkolben. Dieselben messen hier im Mittel 70 bis

Fig. 314.

Fig. 314. Ein Endkolben von der Sehne eines Vorderarmmuskels des Kaninchens mit zutretendem Nerven. St Vergr.

80 μ : 40—50 μ und die grössten 350 : 130 μ. Bei Säugern sind dieselben mehr Endkolben ähnlich und (Fig. 314) nach *Cattaneo's* und meinen Erfahrungen nur in geringer Menge vorhanden. Beim Huhne sind nach *Rauber* besonders beide Flächen des *Pectoralis tertius* Gegenden, wo diese Organe, kleinen *Pacini*'schen Körperchen gleich, in Menge vorkommen.

Verschiedene Autoren beschreiben sensible Nervenenden an Muskelfasern, die ich vorläufig nicht als solche anerkennen kann, so vor Allem *Bremer* und *Arndt*.

In Betreff der in den *Membranae interosseae* und Gelenkkapseln vorkommenden sensiblen Terminalkörperchen verweise ich auf die §§ 50 und 52.

§ 114.

Muskelknospen (Muskelspindeln, *Kühne*). Im Jahre 1862 entdeckte ich im Brusthautmuskel des Frosches eigenthümliche Bündel feiner Muskelfasern, an die an einer verbreiterten Stelle eine mächtige Nervenfaser mit dicker Scheide sich ansetzte und erklärte diese Gebilde, die ich anfangs Nervenknospen hiess, für durch Längsspaltung sich theilende Muskelfasern, deren Nerv ebenfalls wuchere, um alle Theilstücke zu versorgen (Zeitschr. f. w. Zool. Bd. XII, 2. Heft Sept. 1862. Ein Jahr später fand *Kühne* ähnliche Gebilde bei der Ratte (*Virch.* Arch. Bd. 27 1863, S. 520, Taf. XI, Fig. 10), jedoch nur mit Einer Muskelfaser, erkannte jedoch ihre Uebereinstimmung mit den von mir beschriebenen Organen nicht, nannte dieselben Muskelspindeln und enthielt sich jeder Deutung. Bald darauf (l. c. Bd. 28, Taf. XV) folgte eine genauere Beschreibung der Muskelknospen mit Abbildungen von der Maus und dem Frosche und zeigte sich *Kühne* nunmehr meiner Ansicht über die Bedeutung dieser Organe nicht abgeneigt und beschrieb zugleich (S. 535) kurze, einkernige, quergestreifte Gebilde aus denselben, die, wie er sagt, wohl den Namen *Sarcoplasten* beanspruchen dürften. Im Jahre 1864 endlich erwähnt *Kühne* ganz gleiche Muskelspindeln auch von der Eidechse, der Natter und dem Kaninchen und giebt eine Abbildung derselben von der Natter (*Virch.* Arch. 1864, S. 205, Fig. 1). Seit dieser Zeit sind die Muskelknospen von verschiedenen Beobachtern gesehen, jedoch nur von *Ranvier*, Leç. s. l. Syst. nerveux II, Pl. VII, Fig. 7), *Bremer*, *Mays*, *Cattaneo* und *Kerschner* etwas genauer beschrieben und z. Th. abgebildet worden. Ferner hat sich besonders durch *Kerschner* und *Felix* ergeben, dass gewisse andere Bildungen in Muskeln, wie die „umschnürten Bündel“ *Fränkel's* und die „neuromuskulären Stämmchen *Roths* nichts als Muskelknospen sind. Die Deutung anlangend, herrschen über diese Gebilde noch die widersprechendsten Anschauungen, denn während die Einen wie *Krause* und *Felix*, wie ich die Muskelknospen als Entwickelungsstadien von Muskelfasern ansehen, erklärt *Kerschner* dieselben für sensible Endorgane, noch andere für pathologische Bildungen.

Nach diesen Vorbemerkungen schildere ich zunächst die am leichtesten zugängigen Muskelknospen des Frosches. Dieselben ergeben sich als Bündel von 3—7—11 sehr feinen Muskelfasern von derselben Länge, wie die gewöhnlichen breiten Muskelfasern, die an Einer Stelle durch Bindegewebe und eine herantretende Nervenfaser zusammengefasst werden, so dass hier wie eine spindelförmige Anschwellung entsteht, die mit der sehr starken Nervenfaser der

auffälligste Theil der Muskelknospen ist und *Kühne* veranlasst hat, dieselben als Muskelspindeln zu bezeichnen. Einzelnheiten anlangend, so sind die Durchmesser der feinen Muskelfasern, die eine solche Knospe bilden, die ich ihrem Entdecker zu Ehren die *Weismann*'schen nennen will, sehr verschieden. Die feinsten betragen 3—4 μ, daneben finden sich aber auch stärkere solche Elemente von 6—12 μ und darüber. Alle liegen, wie es scheint, ohne Zwischengewebe dicht beisammen, sind stets so lang, wie die anderen Muskelfasern, und enden, wie diese, meist kegelförmig zugespitzt oder abgestutzt oder keulenförmig. Die Querstreifung ist an den *Weismann*'schen Fasern meist sehr deutlich und die Kerne liegen entweder in der Achse der Fasern oft in Reihen oder an der Oberfläche, oder an beiden Orten. Die Nerven der Muskelknospen sind ausgezeichnet durch ihren bedeutenden Durchmesser 10 — 15 μ) und die Mächtigkeit ihrer *Henle*'schen Scheide (Fig. 315) und treten zu einem, seltener zu zweien oder dreien an den dickeren Theil derselben heran. Hier geht die *Henle*'sche Scheide in das *Perimysium* des *Weismann*'schen Faserbündels über, während die Nervenfaser wiederholt auf und zwischen den Fasern desselben als dunkelrandige Faser sich theilt und dann dem Blicke sich entzieht. Um diese Endäste finden sich stets eine grosse Anzahl von runden und länglich runden Kernen, die unzweifelhaft marklosen Enden der Nervenfasern angehören.

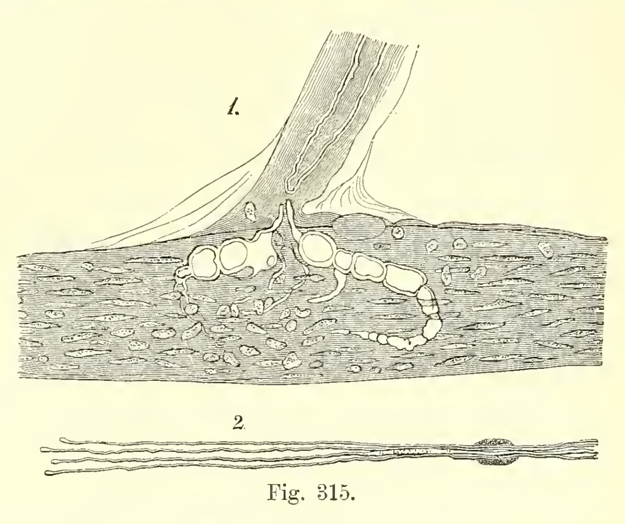


Fig. 315.

Bezüglich auf das Vorkommen, so finden sich Muskelknospen zu allen Zeiten in allen Muskeln des Frosches, so jedoch, dass zeitenweise die einzelnen Muskeln derselben ermangeln oder dieselben nur in geringer Anzahl darbieten. So enthält der Brusthautmuskel des Frosches manchmal keine einzige Knospe, andere Male 1—2, endlich bis zu 4 und 5 (Fig. 310, *s*). Ebenso verhalten sich andere Muskeln, wie denn auch *Mays* in einzelnen Fällen keine Knospen sah, doch kann gleich hervorgehoben werden, dass in allen Fällen, in denen die Knospen fehlen, Entwickelungsstadien derselben vorhanden sind. Wie die Zahl der Muskelknospen in grösseren Muskeln sich verhält, ist noch nicht untersucht, doch ist dieselbe jedenfalls eine geringe. Die Lage der Nerven-

Fig. 315. 1. Nervenhaltige Mitte einer Muskelknospe (Nervenknospe) aus dem Brusthautmuskel des Frosches mit sehr verdünnter Essigsäure. Vergr. 600 Mal. Die scheinbar einfache Muskelfaser läuft an ihren Enden in mehrfache Fasern aus, und stellt wahrscheinlich auch in der Mitte schon ein Bündel von Fasern dar. 2. Eine solche Muskelknospe des Frosches, die schon bestimmt aus 4 ausgebildeten feinen Muskelfasern besteht, mit Kali concentr. und nur etwas über die Hälfte dargestellt. Ger. Vergr.

eintrittsstelle an den *Weismann*'schen Bündeln ist sehr wechselnd. In dem in der Fig. 310 dargestellten Falle waren alle 4 Knospen in der Nähe des Hauptnervenstammes in der distalen Hälfte der Muskelfasern gelegen, in anderen Fällen sah ich dieselben noch mehr excentrisch, wie dies auch *Mays* angiebt.

An diese Schilderung der ausgebildeten Muskelknospen des Frosches reihe ich nun noch die ihrer Entstehung und weiteren Umbildung. Wie schon oben mitgetheilt betrachte ich diese Gebilde als durch Längstheilung einer stärkeren Muskelfaser entstanden und lässt sich nun auch in der That, wie *Weismann* schon 1861 nachwies, leicht zeigen, wie diese Theilung sich macht. Bei jungen Fröschen findet man zu jeder Zeit und bei ausgewachsenen im Frühjahre und vielleicht auch zu anderen Zeiten neben typischen Muskelfasern eine gewisse Zahl anderer, welche die von mir 1856 gefundenen und von *Weismann* genau verfolgten Kernreihen besitzen. Indem die Kerne noch mehr zunehmen und die betreffenden Fasern sich verbreitern und abplatten, entstehen Elemente, wie die von *Weismann* in seinen Fig. 7—11 und in meiner Fig. 12 dargestellten und diese zerfallen dann durch Längsspalten nach und nach in die feinen Fasern der Muskelknospen, welche schon *Weismann* sah (Fig. III), ohne jedoch deren Nerven zu kennen. *Weismann* ist der Ansicht, dass bei diesen Spaltungen ein Theil der Muskelfaser zu Grunde gehe, weil er sich nicht erklären konnte, was aus den Kernreihen wird, da er an den Tochterfasern keine solchen wahrnahm, ein Umstand der ihn auch bewog, die Bildung der letzteren wesentlich als Randabspaltung aufzufassen. Ich dagegen finde, dass die Tochterfasern häufig Kernreihen besitzen, sowie ferner, dass die Mutterfasern kaum mehr als 2, 3, höchstens 4 Kernreihen und auch diese oft unterbrochen enthalten, während sie bis zu 7—11 Tochterfasern den Ursprung gaben, und nehme daher an, dass im Laufe der bei den Spaltungen eintretenden Vorgänge die Kernreihen als solche z. Th. verschwinden, indem ihre Elemente im Zusammenhange mit der Breitenzunahme der Mutterfasern auseinandertreten und nebeneinander sich legen, und dass die Mutterfasern *in toto* in die Tochterfasern übergehen.

Mag die Längsspaltung in der ganzen Länge der Mutterfasern oder an deren Enden zuerst, in der Gegend des Nervenzutrittes zuletzt auftreten, so ist so viel sicher, dass hier die Tochterfasern am längsten und innigsten zusammenhalten. Wie endlich die Trennung hier sich macht und wie aus dem Nervenendbusch der Mutterfaser diejenigen der Tochterfasern sich herausbilden, ist unbekannt, doch ist sicher, dass die Vorgänge, die hierbei stattfinden müssen, nicht zu Gunsten der *Kühne*'schen Darstellung der hypolemmalen Ausbreitung der motorischen Nervenenden sprechen, was Jeder leicht sich selbst ausmalen kann. Es ist nämlich nicht zu bezweifeln 1. dass die nervöse Endverästelung der sich theilenden Mutterfaser nicht auf eine einzelne Tochterfaser, sondern auf mehrere derselben übergehen muss, und 2. dass die marklosen Endfasern bei den Theilungen in derselben Weise wuchern, wie beim Fötus.

Die Schicksale der *Weismann*'schen feinen Fasern sind leicht zu verfolgen. Jeder Froschmuskel enthält in bedeutender Zahl alle Uebergänge derselben zu feineren gewöhnlichen Muskelfasern von 15, 20, 30 μ und diese gestalten sich dann entweder zu typischen dicken Muskelfasern oder wandeln sich durch übermässige Kernvermehrung wiederum zu Mutterfasern um. Hierbei verdickt sich die zutretende Nervenfaser nach und nach und entstehen so,

namentlich von *Mays* gesehene Zwischenformen, von denen sich nicht sagen lässt, ob man dieselben schon als Muskelknospen oder noch als typische Muskelfasern bezeichnen soll.

Unter den Säugethieren kenne ich die Muskelknospen des Kaninchens am genauesten. Dieselben stimmen im Wesentlichen mit denen des Frosches überein, weichen jedoch immerhin in manchen Einzelnheiten ab. Die Breite der Nerveneintrittsstelle beträgt 72—91 μ und die Länge derselben 0,11—0,15 mm. Die sich theilenden Muskelfasern messen 38—53 μ und die Tochterfasern, deren Zahl 3—4 nicht zu überschreiten scheint 19—22 μ (Fig. 316). Sehr eigenthümlich ist die meist weitabstehende *Perimysium*-Hülle (S. *Cattaneo* Fig. 9, 10), wie sie auch *Kühne* und *Ranvier* von der Eidechse und Natter zeichnen, dann das Vorkommen von Blutgefässen um die Muskelfasern herum, (*Cattaneo*, *Kerschner*, *ich*), endlich die Lage der eigentlichen Knospe oder Spindel, die in der Regel, nach dem was *Cattaneo* und *ich* sahen, in der Nähe der Sehnenenden der Muskeln sich finden. Sehr auffallend ist auch der Nervenreichthum der Knospen, indem dieselben fast ausnahmslos zwei und selbst drei und vier, an verschiedenen Punkten zutretende Nervenfasern von 7—19 μ Durchmesser mit starker *Henle*'scher Scheide erhalten. Die Endigungen dieser Nerven sah ich an einem Goldpräparate mit einer einzigen Muskelfaser in der Mitte der Knospe (Fig. 316) so, dass die marklosen Fasern die Muskelfaser wie mit dichten Spiralwindungen umgaben und da und dort freie Enden zeigten (s. auch *Kerschner* l. c. S. 295).

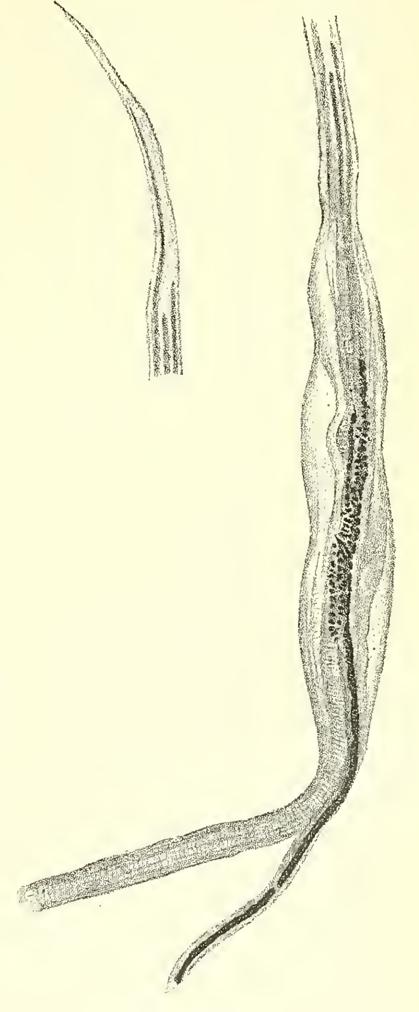


Fig. 316.

In der Regel gehen die dickeren Theile der Muskelknospen des Kaninchens an beiden Enden in Muskelfasern über, die dann aber oft gegen die Sehnen zu bald aufhören und in Sehnenbündel sich fortsetzen. Es kommt aber auch

Fig. 316. Mittlerer Theil einer vergoldeten Muskelknospe des Kaninchens, die am Sehnenende, das für sich dargestellt ist, in 3 feine Muskelfasern auslief. Ger. Vergr. Die Blutgefässe innerhalb der *Perimysium*-Hülle sind nicht dargestellt.

vor, dass die Muskelfaser in der Knospe selbst aufhört und an dem einen Ende derselben in die Sehne übergeht, was *Cattaneo* irrthümlich für die Regel hält. Dieser Forscher sah auch in einem Falle die Sehne einer Muskelknospe in Verbindung mit dem spitzen Ende einer *Golgi*'schen Sehnenspindel (Fig. 10).

Beim Menschen haben bis jetzt nur *Golgi*, *Babinski* und *Kerschner* die Muskelknospen, die letzterer *Kölliker*'sche Organe nennt, gesehen, doch versteht *Kerschner* unter diesem Namen z. Th. Bildungen, die nicht ohne Weiteres mit den hier beschriebenen zusammengestellt werden können, wie der nächste Paragraph lehren wird.

Was mich selbst betrifft, so habe ich die menschlichen Muskelknospen bei einem männlichen und einem weiblichen Kinde von 4 Jahren untersucht und hiebei folgendes gefunden. Die Muskelknospen sind in der Nähe der Verästelung der motorischen Nervenstämme ziemlich zahlreich, so dass z. B. im *Omohyoideus* in jedem Bauche ungefähr 15 derselben vorkommen. Im Allgemeinen sind diese Organe wie beim Kaninchen gebildet, nur fiel mir auf, dass dieselben hier noch mehr Nerven erhalten und, was ich beim Kaninchen noch nicht wahrgenommen, auch mehrere spindelförmige Verbreiterungen besitzen können und, wie mir schien, in der Regel besitzen. So fand ich in einer 7,4 mm langen Muskelknospe des oberen Bauches des *Omohyoideus* nicht weniger als 9 zutretende stärkere und schwächere Nervenzweige, von denen 8 von einem 48 μ breiten Stämmchen abgingen, das von der motorischen Verästelung sich abzweigte, längs der Muskelknospe bis nahe an deren Enden verlief und von Stelle zu Stelle Aeste an dieselbe abgab. Zwei dieser Stellen, die ungefähr 2 mm von den Enden und 3 mm von einander entfernt waren, waren breiter (von 0,10—0,13 mm), erhielten stärkere Nerven und glichen ganz und gar den einfachen spindelförmigen Verbreiterungen der Säuger und des Frosches, namentlich auch darin, dass dieselben zum Theil sehr grosse längliche und länglich runde Kernnester enthielten, wie sie bis jetzt nur *Kühne* von der Maus abgebildet hat (*Virch.* Arch. Bd. 28). Eine andere Muskelknospe desselben Muskels ergab sich als 6,5 mm lang, erhielt 7 Nerven und besass zwei spindelförmige Verbreiterungen nahe an beiden Enden. Alle Muskelknospen des Menschen besitzen eine dicke *Perimysium*-Hülle mit zahlreichen Bindegewebskörperchen und Gefässe im Innern der verbreiterten Stellen. Die Muskelfasern derselben finden sich in den breiteren Theilen zu 3, 4—10 an der Zahl, sind zierlich quer gestreift, z. Th. sehr fein, z. Th. breiter bis zu 16—27 μ.

In den verbreiterten Theilen sind die Muskelfasern meist deutlich, doch können dieselben hier einmal durch die Kernwucherungen und andererseits durch häufig vorkommende ungemein starke Verknäuelungen der Nervenfasern theilweise verdeckt werden. Schmalere Stellen der Knospen, die bis zu 50 und 40 μ messen, zeigen die Muskelfasern, die hier nicht selten Fettkörnerreihen besitzen, immer deutlich, auch wenn sie Nerven enthalten, auch ist die Zahl derselben hier allem Anschein nach geringer als in den Verbreiterungen, sofern wenigstens diese viele solcher Elemente enthalten. Die letzten Enden der Muskelknospen habe ich noch nicht mit Sicherheit gesehen, glaube jedoch annehmen zu dürfen, dass sie wenigstens an dem Einen Ende spindelförmig fein auslaufen, wie beim Kaninchen.

Eine volle Einsicht in das Verhalten der Muskelknospen gewinnt man erst an Querschnitten, die bis jetzt noch Niemand abgebildet hat und nur *Roth* gesehen zu haben scheint, was demselben immerhin als ein grosses Verdienst angerechnet werden darf, obschon er die wahre Natur seiner „neuro-

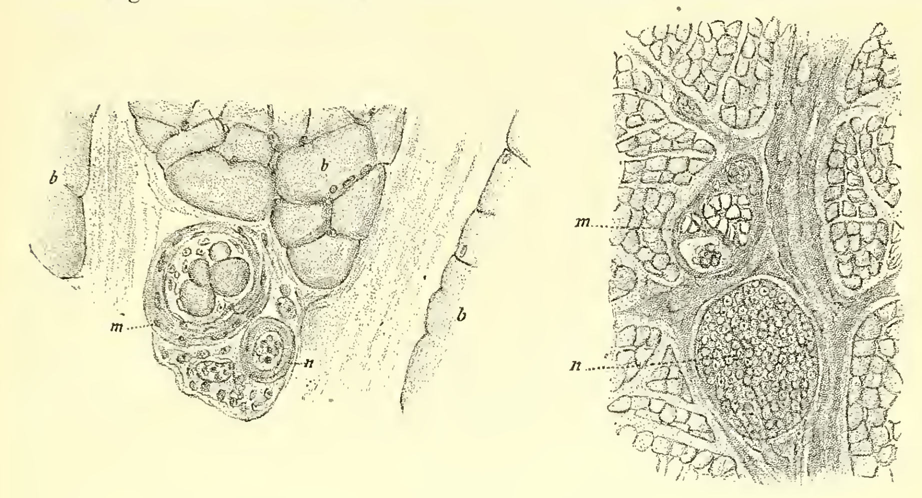


Fig. 317. Fig. 318.

muskulären Stämmchen", wie er die Querschnitte der Muskelknospen nannte, nicht erkannte. Die drei Abbildungen, die ich hier gebe, werden besser als alle Beschreibungen die Beziehungen der Knospen zu den übrigen Muskelelementen versinnlichen. In Fig. 317 ist eine solche Knospe von 0,12 mm Breite mit 4 Muskelfasern von 10 bis 21 μ zu sehen, neben denen innerhalb der *Perimysium*-Scheide kein Nerv mit Sicherheit zu erkennen war. Dagegen lag ein solcher der Knospe an, wie auch einige Blutgefässe. Figg. 318 und 319 sind noch bedeutungsvoller. Hier ist *b* eine 97 μ breite junge Knospe, die 7 Muskelfasern von 7 bis 11 μ die kleinsten zeigte, *a'* und *a* stellen

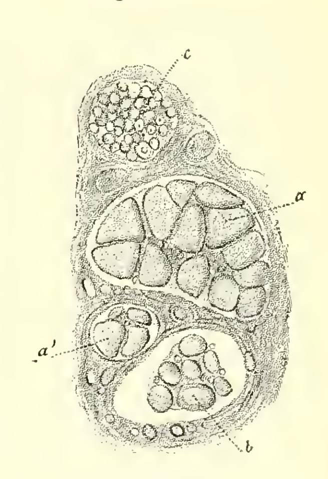


Fig. 319.

Fig. 317. Aus dem *Musc. sterno-mastoideus* eines 4jährigen Mädchens, in Alkohol erhärtet und mit $\overline{\text{A}}$ behandelt. Querschnitt. *m* Eine Muskelknospe mit dicker *Perimysium*-Hülle und 4 feineren Muskelfasern, *n* Nerv, *b* angrenzende Muskelbündel. Syst. VII. Oc. I. kurzer Tubus eines Leitz.

Fig. 318. Aus dem *Sartorius* eines 4jährigen Knaben in Alkohol erhärtet und mit Karmin gefärbt, in Lack. *m* Eine zusammengesetzte Muskelknospe, aus drei Abtheilungen bestehend. *n* Nerv. Ger. Vergr.

Fig. 319. Die zusammengesetzte Muskelknospe der vorigen Figur. Vergr. wie bei Fig. 317. *a* Aeltere Knospe, deren 13 Muskelfasern schon nahezu den Durchmesser der gewöhnlichen solchen Elemente erlangt haben; a' eine ebensolche etwas jünger mit 3 Muskelfasern; *b* eine typische junge Knospe mit 7 Muskelfasern; *c* Nerv. In der gemeinsamen *Perimysium*-Scheide des Ganzen zahlreiche Gefässe und Nervenfasern.

Muskelknospen in weiterer Entwickelung dar, deren Fasern (3 in dem einen, 13 in dem andern Falle) zu stärkeren Muskelfasern z. Th. von fast normaler Grösse herangewachsen sind, aber durch ihre besondere *Perimysium*-Scheide, noch als das zu erkennen sind, was sie einmal waren.

Alles zusammengehalten ist nicht zu bezweifeln, dass auch bei Säugern und beim Menschen die Muskelknospen nichts als in der Längstheilung begriffene Muskelfasern sind, wenn wir auch noch weit davon entfernt sind, diesen Vorgang ganz zu übersehen. Das Vorkommen bald nur Eines, bald mehrfacher Nerven an den Muskelknospen erkläre ich vorläufig so, dass ich annehme, dass oft nur Eine Muskelfaser für sich allein, oft zwei, drei und mehr, der Länge nach hintereinander gereihte zusammen in die Längstheilung eintreten, was leicht bei Muskeln vorkommen könnte, deren Fasern kürzer sind als die Gesammtlänge der Muskeln.

Bei den Reptilien zeigen die Organe, die *Kühne* mit meinen Muskelknospen zusammenstellt, und die *Kerschner* „Kühne'sche Organe" heisst auch nach meinen eigenen bisherigen Ermittelungen nur Eine Muskelfaser, und ist es daher vorläufig nicht als ausgemacht anzusehen, dass dieselben mit der Vermehrung der Muskelfasern in Beziehung stehen, obschon dies nach Allem sehr wahrscheinlich ist.

§ 115.

Entwickelung der Muskeln und Sehnen. Die Anlagen der Muskeln bestehen anfänglich aus denselben Bildungszellen, welche den übrigen Leib der Embryonen zusammensetzen, und aus denselben entwickeln sich erst nach und nach durch histiologische Umwandlung die Muskeln, Sehnen u. s. w. Beim Menschen werden die Muskeln erst am Ende des zweiten Monats deutlich, sind jedoch anfänglich nur für das bewaffnete Auge zu erkennen, weich, blass, gallertartig, und von ihren Sehnen nicht zu unterscheiden. In der 10ten bis 12ten Woche erkennt man dieselben namentlich an Weingeiststücken deutlicher und nun treten auch die Sehnen als etwas hellere, jedoch ebenfalls durchscheinende Streifen auf. Im vierten Monate sind Muskeln und Sehnen noch kenntlicher, erstere am Rumpfe leicht röthlich, letztere weniger durchscheinend, graulich, beide noch weich. Von nun an gestalten sich beide Theile immer mehr zu dem, was sie später sind, so dass sie beim reifen Embryo, ausser dass die Muskeln noch weicher und blasser und die Sehnen gefässreicher und weniger weiss sind, keine nennenswerthen Abweichungen mehr darbieten.

Die feineren Verhältnisse anlangend, so sind bei Embryonen aus dem Ende des zweiten Monats die Muskelfasern lange, von Stelle zu Stelle knotig angeschwollene und hier mit länglichen Kernen versehene, 2,2—4,5 μ breite Bänder, die entweder gleichartig oder feinkörnig aussehen und nur selten eine ganz leise Andeutung von Querstreifen zeigen. Die erste Entwickelung dieser Muskelfasern anlangend habe ich gezeigt, dass jede derselben aus einer einzigen spindelförmigen Zelle mit Einem Kerne hervorgeht. Solche Fasern (Fig. 320) findet man im 2. Monate (bei Embryonen von 7—8 Wochen) in den eben gebildeten Anlagen der Hände und Füsse und messen dieselben bis zu 132—176 μ Länge. Bei denselben Embryonen haben Unterschenkel

und Vorderarm schon etwas weiter entwickelte Fasern mit 2, 3—8 und 9 Kernen und einer Länge von 335 μ, die an beiden Enden fein zugespitzt auslaufen und hie und da schon einen Anflug von Querstreifung zeigen, und

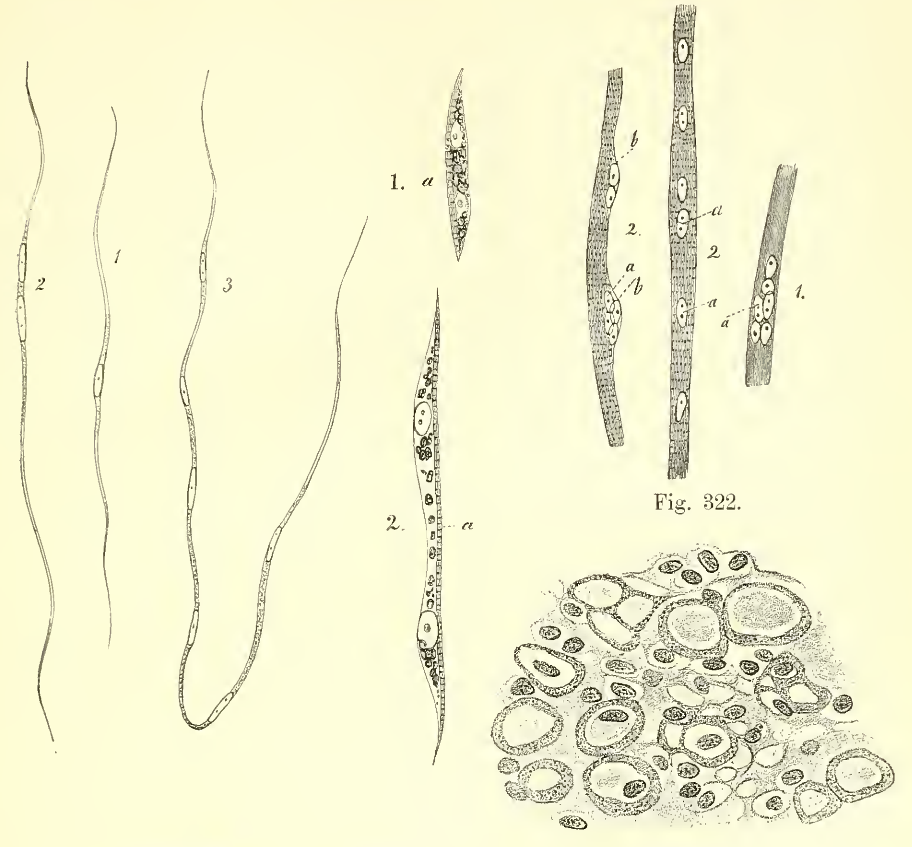


Fig. 320. Fig. 321. Fig. 322. Fig. 323.

am Rumpfe und an den obersten Theilen der Glieder sind die Fasern so lang, dass es, wenigstens mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln, nicht mehr gelingt, an einer Faser beide Enden zu erkennen. Diesem zufolge entsteht

Fig. 320. Muskelfasern von einem zweimonatlichen menschlichen Embryo. 1. 2. Vom Fusse mit 1 und 2 Kernen. 3. Vom Unterschenkel mit 6 Kernen. 350 Mal vergr.

Fig. 321. In Entwickelung begriffene Muskelfasern einer Froschlarve, die noch keine Kiemen besitzt. 1. Zweikernige Muskelzelle von der Schwanzspitze. 2. Eben solche längere von der Mitte des Schwanzes, *a* Anlage der querstreifigen Substanz. 350 Mal vergrössert.

Fig. 322. Primitivfasern eines 4 Monate alten menschlichen Embryo. 350 Mal vergr. 1. Eine Faser mit einer noch nicht faserigen hellen Masse im Innern. 2. Fasern ohne solche mit Andeutung von Querstreifen. *a* Kerne, *b* *Sarcolemma*.

Fig. 323. Querschnitt durch die Kernreihenstellen (s. Fig. 325) an den Enden der Muskelfasern eines menschlichen Embryo von $2\frac{1}{2}$ Monaten. Die Kerne z. Th. aus den hohlen Muskelfasern ausgefallen. St. Vergr.

jede Muskelfaser aus einer einzigen Zelle, welche ungemein sich verlängert, während zugleich ihr Kern sich vermehrt, welche Vermehrung durch *Mitose* bei den Amphibien (Fig. 324) leicht zu beobachten ist. In weiterer Entwickelung werden nun die langen vielkernigen Spindeln immer breiter und länger und entwickelt sich ihr Inhalt, das ursprüngliche *Protoplasma*, zu den Muskelfibrillen, wobei sich nach *Felix* zeigt, dass schon im 3. Monate viele Muskelfasern den bedeutenden Durchmesser von 13—19 μ annehmen, welchen Durchmesser ältere Embryonen nur selten und erst wieder Neugeborene erreichen. Im 4. Monate (Fig. 322) messen die Muskelfasern einem grossen Theile nach 6—11 μ in der Breite, einige selbst 13 μ, während andere freilich auch die Grösse von 3,5—4,5 μ nicht übersteigen, und sind die grösseren zwar noch immer abgeplattet, aber gleichmässig breit, zugleich auch bedeutend dicker als früher, meist deutlich längs- und quergestreift und selbst mit darstellbaren Fibrillen versehen. Zum Theil schon in der Längsansicht, noch besser aber auf Querschnitten ergiebt sich, dass bei vielen, ja nach den neuesten Untersuchungen von *Felix* bei allen Fasern die Fibrillen nicht die ganze Dicke der Primitivröhren einnehmen, sondern oberfächlich in Gestalt eines Rohres in denselben angelagert sind, während im Innern noch das ursprüngliche *Protoplasma* wie früher sich findet, dass nun wie in einem Kanale innerhalb der Fibrillen enthalten ist (Fig. 323). Alle Primitivröhren besitzen ein *Sarcolemma* (Fig. 322, *b*), welches durch Essigsäure und Natron als ein sehr zartes Häutchen nachzuweisen ist und auch hin und wieder durch eingedrungenes Wasser von den Fibrillen sich abhebt: ausserdem zeigen dieselben wie anfangs Kerne, welche nur z. Th. in dem inneren *Protoplasma*, z. Th. am *Sarcolemma* anliegen und dasselbe oft bauchig abheben und wie früher so auch jetzt noch in einer energischen Vermehrung begriffen sind. Dieselben sind alle bläschenförmig, rundlich oder länglich, mit sehr deutlichen einfachen oder doppelten *Nucleolis*, oft wie in Theilung begriffen, und viel zahlreicher als früher, am häufigsten zu zweien dicht beisammen, oft aber auch gruppenweise zu 3, 4, selbst 6 neben und hintereinander gelagert. — Von nun an bis zur Geburt verändern sich die Muskelfasern nicht mehr bedeutend, ausser dass sie an Dicke zunehmen und im Innern Fibrillen ablagern. Beim Neugeborenen messen sie 12—15—19 μ, sind ohne Höhlung im Innern, rundlich vieleckig, je nach Umständen längs- und quergestreift wie beim Erwachsenen, mit ungemein leicht darstellbaren Fibrillen und noch mehr Kernen als früher.

Dem Bemerkten zufolge ist das *Sarcolemma* die ungemein gewachsene Hülle der ursprünglichen embryonalen Muskelzelle, die Kerne die Abkömmlinge des ersten Zellenkernes dieser, der durch Theilungen sich vermehrt. Die Muskelfibrillen sind fest gewordener umgewandelter Inhalt der ursprünglichen Röhre, und bilden sich in vielen Fällen nachweisbar vom *Sarcolemma* aus nach innen, in anderen vielleicht aber auch in der ganzen Röhre auf einmal.

Das Wachsthum der Gesammtmuskeln kommt vor Allem auf Rechnung der Längen- und Dickenzunahme der Primitivbündel.

Das Längenwachsthum anlangend, so war dasselbe bisher nur von den frühesten Stadien untersucht, in denen dasselbe, wie wir oben sahen, mit einer energischen Kernvermehrung einherschreitet. In manchen Fällen scheint ein solcher Vorgang das gesammte Längenwachsthum zu beherrschen, wie ich bei

Siredon finde, bei dessen Larven in allen Altern in den Muskeln zahlreiche Mitosen der Kerne sich finden (Fig. 324), die keine Gegend der Muskelfasern vor der anderen bevorzugen. Unter Umständen scheint aber Anderes vorzukommen. So fand *Felix* in den Muskeln eines menschlichen Embryo von 2 1/2 Monaten die Kernwucherungen auf bestimmte Stellen beschränkt, an denen die Kerne quergestellt in einfachen Reihen vorkamen und zwar waren solche Kernreihen meist nur an den distalen Enden der Muskeln, d. h. in der Gegend

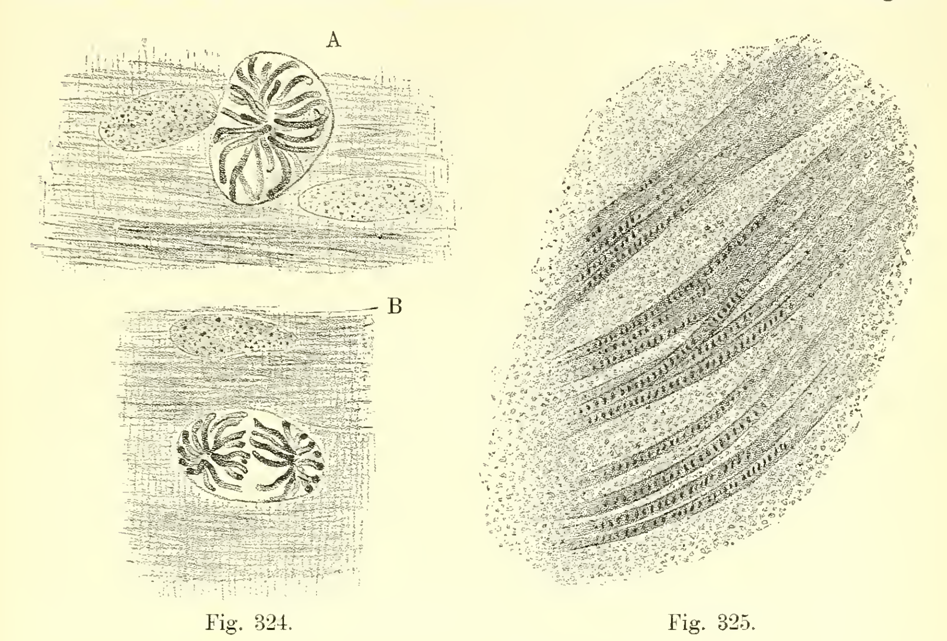


Fig. 324. Fig. 325.

der Ansatzsehnen vorhanden, seltener mehr im Innern oder an den Ursprungsenden (Fig. 325). Da jedoch bereits vom 4. Monate an solche Kernreihen nicht mehr zu sehen waren, obschon die betreffenden Stellen immer noch reich an Kernen waren, so werden doch erst noch weitere Untersuchungen abzuwarten sein, bevor man wird den Satz aufstellen dürfen, dass beim Längenwachsthum der Muskeln ein bestimmtes Ende dem anderen vorangeht.

In Betreff des Dickenwachsthums ist klar, dass dasselbe einem guten Theile nach durch unmittelbare Zunahme der Muskelfasern zu Stande kommt, indem dieselben beim Neugeborenen viel breiter sind als beim 2 monatlichen Embryo ($2,2 - 4,5\ \mu : 12 - 19\ \mu$) und beim Erwachsenen ungefähr 5 mal mehr betragen, als beim Neugeborenen. Eine andere Frage ist, ob neben dieser Zunahme an Volumen auch eine Vermehrung der Muskelfasern an Zahl stattfinde, nachdem einmal die erste Anlage der Muskeln gegeben ist. Da Zählungen der Muskelfasern bei älteren und jüngeren Geschöpfen, die nicht leicht

Fig. 324. Muskelfasern von *Siredon*-Larven, A Kern mit Membran im Stadium des Muttersternes. B Ebensolcher mit Hülle im Stadium der Bildung der Tochterkerne.

Fig. 325. Muskelfasern mit Kernreihen am Sehnenende vom *Latissimus dorsi* eines 2 1/2 monatl. menschlichen Embryo. Ger. Vergr. Nach einem Präparate von *Felix*.

auszuführen sind, bis anhin keine sicheren Ergebnisse geliefert haben, so wird es sich vor Allem darum handeln, ob für die spätere embryonale und die nachembryonale Periode sichere Thatsachen vorliegen, die für eine Neubildung von Muskelfasern sprechen. Wie wir oben sahen, ist wenigstens für die Amphibien, die Säugethiere und den Menschen der Beweis erbracht, dass, wie *Weismann* zuerst hervorhob und *ich* bestätigte, in der nachembryonalen Zeit in den Muskelknospen eine Vermehrung der Muskelfasern durch Längsspaltung statthat. Und was die Embryonen betrifft, so hat nun *Felix* in seiner neuesten Arbeit für den Menschen und die Säuger gezeigt, dass auch bei diesen eine Vermehrung der Muskelfasern durch Längsspaltung vorkommt. Ich habe an Präparaten desselben von der Richtigkeit seiner Darstellungen mich überzeugt und gebe nach zweien seiner Präparate folgende Zeichnungen. Fig. 326 stellt eine entwickelte, zur Theilung sich vorbereitende sogenannte *Weismann*'sche Faser aus dem Biceps eines menschlichen Embryo von 4 Monaten dar. Dieselbe zeigt mächtige Kernwucherungen an Einer Stelle und eine sehr verdickte Perimysialscheide. Und in Fig. 327 ist eine solche bereits in zwei feine Fasern mit centralen Kernen getheilte *Weismann*'sche Faser

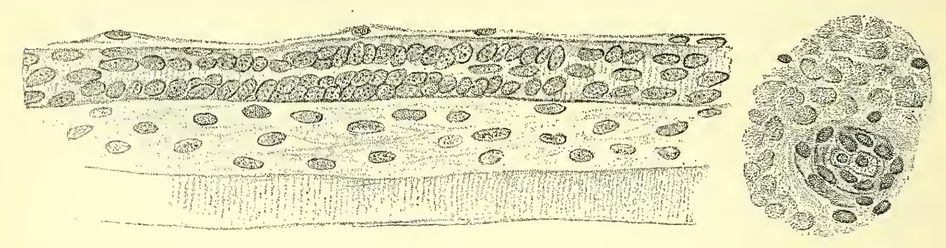


Fig. 326. Fig. 327.

im Querschnitte dargestellt mit einer sehr dicken, kernreichen Perimysialscheide, die wie als ein besonderes Gebilde unter den andern umgebenden Muskelfasern erscheint. Nach *Felix* besitzt eine solche sich theilende Muskelfaser nur Eine kernreiche Stelle mit 2—4 Kernreihen und gehen aus derselben durch Längsspaltung anfänglich nur so viele Tochterfasern hervor, als Kernreihen da sind. Doch können die Tochterfasern später wieder sich spalten und so geschieht es, dass unter Umständen bis zu 20 Tochterfasern innerhalb einer Perimysialscheide liegen können. In Betreff der Zahl dieser *Weismann*'schen Fasern und Faserbündel in Einem Muskel und ihres Vorkommens meldet *Felix*, dass er sie vom 4. Monate an in keinem embryonalen Muskel vermisste, wenn es auch oft nur 2 und 3 Fasern waren und dass er einmal im Biceps eines 4 monatlichen Embryo 79 zählte. Ihre Lage war bald an der Oberfläche, bald in der Mitte der Muskelbündel. Andeutungen von Nerven an der

Fig. 326. *Weismann*'sche Faser aus dem Biceps eines 4monatlichen menschlichen Fötus mit Kernwucherungen und dicker *Perimysium*-Scheide. Daneben eine gewöhnliche Muskelfaser, deren spärliche Kerne nicht angegeben sind. St. Vergr.

Fig. 327. Querschnitt aus dem Biceps eines 6 Monate alten Embryo. Zwei Fasern mit centralen Kernen sind von einer dicken, konzentrischen, kernhaltigen Scheide umhüllt, welche Bildungen zusammen eine sich theilende *Weismann*'sche Faser oder eine Muskelknospe darstellen.

kernreichen Stelle dieser Gebilde wurden auch gesehen. — Das endliche Schicksal dieser Fasern und Faserbündel anlangend, so war leicht zu sehen, dass dieselben schliesslich unter Verdünnung ihrer *Perimysium*-Scheide den gewöhnlichen anderen Muskelfasern sich anschlossen und ihre Selbständigkeit aufgaben.

Felix, der solche *Weismann*'sche Bündel ausser bei Embryonen auch bei einem 4jährigen Knaben gesehen hat, ist der Ansicht, dass dieselben auch beim Erwachsenen vorkommen und deutet die „umschnürten Bündel *Fränkel's*, welche dieser Forscher für Degenerationsstellen hielt, als die nämlichen Bildungen, ebenso die „neuromuskulären Stämmchen" von *Roth* und die von *Golgi* gesehenen Gebilde. Schon vor *Felix* stellte *Kerschner* alle diese Faserbildungen, auch die von *Milbacher* und *Babinski* gesehenen, mit meinen Muskelknospen, *Kühne's* Muskelspindeln, zusammen und mit Recht, wie ich nach dem oben gegebenen Nachweise von dem Vorkommen ächter Muskelknospen mit vielen Nervenenden bei vierjährigen Kindern wohl behaupten darf. Und da solche Muskelknospen auch bei erwachsenen Geschöpfen, beim Menschen wie bei Thieren, vorkommen, so ergiebt sich weiter, dass zu jeder Zeit des Lebens neue

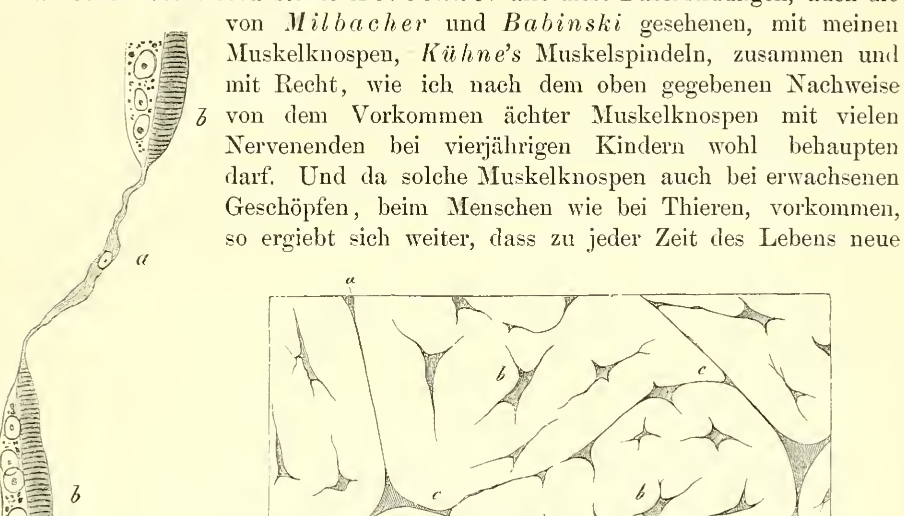


Fig. 328. Fig. 329.

Muskelfasern entstehen können, in welcher Beziehung freilich in Betreff der Häufigkeit, mit der solche Vorgänge auftreten, noch weitere Untersuchungen nöthig sind.

Fig. 328. Eine in Bildung begriffene Sehne aus einer einzigen verlängerten Zelle *a* bestehend, die ich als ein Bindegewebskörperchen mit umhüllender Bindesubstanz deute. Die einfache Sehne vereint 2 unentwickelte Muskelfasern *b b*, von denen jede auch nur Eine Zelle darstellt. Aus dem hintersten Theile des Schwanzes einer Froschlarve mit inneren Kiemen. 350 mal vergr.

Fig. 329. Ein Theil des Querschnittes einer Sehne des Kalbes. 350 mal vergr. *a* Scheidewände der kleinsten Sehnenbündel. *b* Bindegewebskörperchen mit den häutigen Ausläufern im Querschnitte wie sternförmige Zellen sich ausnehmend. *c* Verbindungen der Ausläufer der Zellen mit den Scheidewänden.

Mit diesen Bildungsvorgängen gehen wie es scheint auch regressive Metamorphosen von Muskelfasern Hand in Hand. *Felix* glaubt solche schon bei Embryonen gesehen zu haben und für die nachembryonale Zeit vertritt besonders *S. Mayer* dieselben. Manches was in neuerer Zeit als Neubildung von Muskelfasern beschrieben wurde, mag hierher gehören, doch scheint die Zeit noch nicht gekommen, um endgiltig über diese Verhältnisse zu entscheiden und verweise ich vorläufig auf die Arbeiten der genannten Autoren.

Die Elemente der Sehnen sind ursprünglich ebenfalls gedrängt beisammenliegende runde Bildungszellen, die jedoch nur kurze Zeit in diesem Zustande verharren, vielmehr, wie Untersuchungen an jungen Säugethierembryonen lehren, sehr bald spindelförmig werden. Zur Zeit, wo die Sehnen als Organe wahrnehmbar werden, findet sich neben den Zellen auch eine streifige Zwischensubstanz, die immer deutlicher zur leimgebenden fibrillären Sehnensubstanz sich gestaltet, während die Spindelzellen untereinander sich verbinden und zu den Bindegewebskörperchen der Sehnen werden. Das weitere Wachsthum geschieht so, dass, während das Zellennetz unter gleichzeitiger Vermehrung seiner Kerne sich weiter ausbreitet (verlängert und in der Breite ausdehnt), immer mehr Zwischensubstanz abgesetzt wird, bei welchem Vorgange neben den Zellen sicherlich auch die zahlreichen Blutgefässe wachsender Sehnen eine Rolle spielen. So rücken die Zellen immer weiter auseinander, doch stehen dieselben, wie leicht begreiflich, noch beim Neugeborenen viel dichter als beim Erwachsenen (Fig. 299). Die Fibrillen scheinen bei Embryonen ebenso stark zu sein wie beim Erwachsenen und beruht demnach das Wachsthum der Zwischensubstanz auf der Bildung immer neuer Fibrillen zwischen den alten und nicht auf einer Dickenzunahme dieser selbst.

Früher galt die Annahme von *Schwann*, nach welcher die Muskelfasern aus vielen hintereinander liegenden verschmelzenden Zellen sich entwickeln, allgemein als richtig, in den späteren Zeiten erhielt jedoch die Ansicht von *Prévost* und *Lebert* und *Remak*, nach der jede Muskelfaser aus einer einzigen Zelle hervorgeht (S. § 28), das Uebergewicht und schlossen sich ausser mir auch andere Beobachter, wie *M. Schultze*, *Weismann*, *F. E. Schulze*, *C. O. Weber* und *Zenker* an dieselbe an, so dass trotz verschiedener abweichender Ansichten diese Aufstellung als gesichert angesehen werden kann.

Eine wichtige Frage ist die, ob nach der ersten Anlage der Muskulatur noch Muskelfasern unabhängig von anderen Muskelfasern entstehen. Schon vor langer Zeit hat *Margo*, besonders bei Amphibienlarven, für eine solche Bildung sich ausgesprochen und in den letzten Jahren besonders *Paneth* sich ihm angeschlossen, während *S. Mayer* und *Barfurth* die betreffenden Formen, die sogenannten *Sarcoplasten* von *Margo*, als Produkte des Zerfalls normaler Muskelfasern auffassen. Nach dem, was ich gesehen habe, kann ich nicht anders, als mich in diesem Streitfalle auf die Seite der letztgenannten Beobachter zu stellen, ohne jedoch behaupten zu wollen, dass unter keinen Umständen physiologisch und pathologisch Muskelfasern aus jungen Zellen entstehen, wobei ich allerdings Abspaltungen von bereits vorhandenen Muskelfasern in die Kategorie von Theilungen stellen würde. Dagegen scheint mir vorläufig nichts dafür zu sprechen, dass die zuerst von mir gefundenen Muskel-Zellenschläuche (s. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. VIII. Taf. XIV Fig. 9), die durch *Waldeyer* bekannter geworden sind, irgend etwas mit der Entwickelung neuer Muskelfasern zu thun haben, wie *Kraske*, *Ziegler* u. A. annehmen. Ebenso wenig scheint mir eine Entwickelung dieser Elemente aus Wanderzellen bewiesen zu sein. Am wahrscheinlichsten ist es, dass Muskelfasern auch beim Erwachsenen, wie beim älteren Embryo, nur entstehen durch Wachsthum schon vorhandener Fasern und durch Theilungen und Abspaltungen von solchen unter Mitbetheiligung von Kern-

wucherungen. In dieser Weise könnten offenbar nicht nur Längsspaltungen ganzer Fasern vor sich gehen, sondern auch Abspaltungen selbst kleiner kernhaltiger Theile solcher, die dann echte *Sarcoplasten* darstellen würden, wie sie vielleicht schon *Kühne* (s. oben) und manche andere gesehen haben.

In Betreff des Wachthumes der Muskeln schien *Budge* durch seine Zählungen festgestellt zu haben, dass beim Frosche auch nach der Larvenzeit immer noch neue Fasern sich bilden. So waren die Mengen der Muskelfasern im *Gastrocnemius* von 5 Fröschen von 13 mm, 15 mm, 17 mm, 46 mm und 80 mm Körperlänge (vom Scheitel bis zum After) 1053, 1336, 1727, 3434, 5711. Dagegen fand *Aeby* im *Sartorius* von 56 Fröschen von 20—87 mm Länge Unterschiede der Faserzahlen, die sich nur wie 1 : 1,4 verhielten, und hält daher die Faserzunahme mit der Körperlänge nicht für bedeutend und beständig wie *Budge*.

Bei der Untersuchung der Muskeln ist es nöthig, dieselben frisch und mit verschiedenen Reagentien behandelt zu erforschen. Muskelfasern stellt man am leichtesten für sich dar an gekochten oder in Spiritus gelegten Muskeln, an denen man meist auch prächtige Querstreifen findet, ebenso wie nach Behandlung mit Sublimat und Chromsäure. Ganz vortrefflich ist die Kalilösung von 32—35 %, die *Moleschott* zuerst zum Darstellen der Faserzellen der glatten Muskeln vorschlug und ebenso wie *Weismann* auch bei den quergestreiften Muskelfasern anwandte. Froschmuskeln werden in dieser Flüssigkeit in Zeit von 10—20 Minuten so weich, dass sie ganz und gar in ihre Elemente zerfallen und die Gestalten derselben aufs schönste zeigen. *Budge* empfiehlt zu diesem Ende eine beliebige Mischung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali, *Wittich* das Kochen in einer Lösung dieser Stoffe, *Sandman* das Kochen in schwefliger Säure. Das *Sarcolemma* ist bei Amphibien und Fischen sowohl an frischen Muskeln nach Zusatz von Wasser als an Spiritusstücken leicht nachzuweisen; indem es meist stellenweise weit von den Fibrillen sich abhebt oder absteht, bei höheren Geschöpfen und beim Menschen zeigt es sich zufällig beim Zerzupfen der Bündel, ferner an in verdünnter Salzsäure erweichten und an gekochten Bündeln und bei Zusatz von Essigsäure und Alkalien. Ich kann hier besonders *Natron caust. dilutum* empfehlen, das in vielen Fällen den Inhalt der Muskelröhren so flüssig macht, dass derselbe in anhaltendem Strome sammt den Kernen aus denselben herausquillt, in welchem Falle dann die Scheiden sehr deutlich zur Anschauung kommen. Nirgends jedoch zeigen sich beim Menschen die Scheiden schöner als bei erweichten, atrophischen, fettig oder anderweitig entarteten Muskeln, und zwar um so mehr, je grösser die Entartung der Fibrillen ist. Die Muskelfibrillen sieht man an ganz frischen Muskeln hie und da, jedoch weniger leicht, ganz schön dagegen, sobald die Todtenstarre eingetreten ist. Leicht isoliren sich dieselben an Spirituspräparaten, besonders der Perennibranchiaten (*Siredon*, *Proteus* etc.), durch Behandlung mit Chromsäure (*Hannover*), durch 8—21 Tage lange Maceration bei 1—8° R. in Wasser, dem, zur Verhinderung der Fäulniss, etwas Sublimat zugesetzt wird (*Schwann*); auch Maceration in den Mundflüssigkeiten (*Henle*) erlaubt eine leichte Darstellung derselben, wogegen nach *Frerichs* (*Wagn.* Handwörterb. III. 1. p. 814) im Magen die Bündel in *Bowman*'sche Discs zerfallen, welche Discs am leichtesten durch verdünnte Salzsäure (von $^1/_{500}$—$^1/_{1000}$) und sehr verdünnte Essigsäure zu erhalten sind (s. oben § 104). Die *Cohnheim*'schen Felder der Querschnitte und die denselben entsprechenden Fascikel sieht man am schönsten an mit *Serum* oder Kochsalz behandelten Schnitten gefrorener Muskeln, ferner an vergoldeten Muskeln, an denen in den einen Fällen die Zwischensubstanz, in andern die Muskelfibrillen roth sich färben. Die Kerne der Muskelbündel untersucht man am besten nach Essigsäurezusatz; durch Natron (siehe vorhin) kann man dieselben für sich darstellen, ebenso durch sehr verdünnte Essigsäure und Salzsäure, welche die Fibrillen auflösen; durch verdünntes Kali quellen dieselben sehr auf (*Donders*) und durch *Kali concentratum* erscheinen dieselben als helle *Vacuolen* in grosser Zierlichkeit. Ueber die Einwirkung verschiedener Reagentien auf die Muskelelemente vergleiche man noch die Abhandlungen von *Donders* (Holländ. Beitr.) und *Paulsen* (Observ. microchem. Dorp. 1849), *Lehmann* (Phys. Chem. Bd. III), *meine* Abh. aus dem Jahre 1888 (Flügelmuskeln der Insekten) und die im § 32 erwähnten neueren Autoren. Von den Löslichkeitsverhältnissen des *Sarcolemma* handeln *Ewald* und *Kühne*, *Froriep*, *Chittenden* und *Sasse*.

Freie Enden von Muskelfasern sieht man an gekochten, in Glycerin gelegten Muskeln am besten (*Rollet*) und nach Behandlung mit Kali von 35%. Die Gefässe der Muskeln studirt man an frischen dünnen Muskeln und an Injektionen, die Nerven an den kleinsten Muskeln des Menschen, in den Muskeln kleiner Säuger besonders im *Psoas* und den Augenmuskeln, im Hautmuskel der Brust der Frösche. Die Nervenverästelung im Groben und die Theilungen der Fasern sieht man leicht nach Zusatz von verdünntem *Natron causticum* oder gewöhnlicher Essigsäure, um dagegen die marklosen Enden mit ihren Kernen zu sehen, bedarf es einer besonderen Zubereitung und empfehle ich in dieser Beziehung in erster Linie eine sehr verdünnte Essigsäure (auf 100 ccm *Aqua destillata* 8—16 gtt. *Acidum aceticum concentratum* von 1,045 spec. Gew.), die schon in 2—3 Stunden im Hautmuskel der Brust kleiner Frösche die Nervenenden deutlich zeigt und später diesen Muskel ganz durchsichtig macht und ihn auch Tage lang gut erhält. Sehr brauchbar sind auch 2. Salzsäure von 1 pro mille und namentlich 3. eine verdünnte Essigsäurelösung, zu der man einen Froschmagen gelegt hat, was natürlich eine Art künstlichen Magensaftes gibt, doch werden in diesen 2 Lösungen, von denen ich die letztere nur kalt angewendet habe, früher oder später auch die blassen Nervenenden angegriffen und sind dieselben nur eine gewisse Zeit lang sichtbar. Motorische Endplatten untersuche man theils an frischen Muskeln (*Retractor bulbi* der Katze; *Psoas* des Kaninchens, Muskeln von Reptilien) in Serum oder Kochsalz, dann an mit der vorhin angegebenen sehr verdünnten Essigsäure behandelten Muskeln, die man zerzupft, endlich nach Behandlung mit Höllenstein (*Cohnheim*), der die Muskeln braun färbt, die Endplatten dagegen hell erhält oder mit Gold nach *Ranvier* (Ameisensäure und Goldchlorid gekocht) oder *Golgi* (arsenige Säure und Goldchloridkalium). Die *Golgi*'schen Sehnenspindeln lerne man erst kennen an mit meiner verdünnten Essigsäure behandelten Sehnenenden von Muskeln, von denen man die aufgequollenen Sehnen nahe am Muskel abschneidet. Dann zerlegt man die Muskelstücke parallel den Fasern mit scharfem Messer in schmale Bänder und sucht bei kleiner Vergrösserung, indem man stärkere dunkelrandige Nerven als Leiter verfolgt, worauf die gefundenen Spindeln sich leicht weiter isoliren lassen. Die blassen Nervenenden sieht man schon an solchen Präparaten oft recht gut, schön aber nur nach Vergoldung frischer Objekte besonders nach *Ranvier*. Muskelknospen sucht man ebenfalls an Essigsäurepräparaten nach der eben angegebenen Methode an den Stellen, in denen die grobe motorische Nervenausbreitung gelegen ist. Sehr leicht sieht man sie im Hautmuskel der Brust des Frosches in *situ*. Vergoldung wie bei den Sehnenspindeln. Zur weiteren Erforschung sind Querschnitte beliebig erhärteter und gefärbter Muskeln unumgänglich nöthig, am besten von solchen, die mit dünnem *Osmium* injicirt wurden. Das *Perimysium* und die Gestalt und Lagerung der Muskelfasern zeigen Schnitte getrockneter Muskeln sehr hübsch, dasselbe gilt auch von den Sehnenelementen. Die Bindegewebskörperchen der Sehnen werden in Goldchlorid ausgezeichnet schön. Zur Erforschung der Entwickelungsgeschichte endlich sind vor Allem die nackten Amphibien, namentlich in Chromsäure gelegte Larven, zu empfehlen und erst in zweiter Linie die Säugethiere.

Litteratur der Muskeln. Ausser den beim § 32 genannten Abhandlungen sind zu berücksichtigen: *R. Remak*, in Fror. N. Not. 1845. Nr. 768 u. Entw.; *Stannius*, in Gött. Nachr. 1852. Nr. 17. u. Zeitschr. f. wiss. Zool. IV. St. 252; *Harting*, in Het Mikrosk. Bd. IV. p. 188, 268; *O. Deiters*, De incremento musculorum. Diss. Bonnae 1856; *A. Rollet*, in Sitzungsber. der Wien. Akad. 1856. Juni; *Kölliker*, in Zeitschr. f. wiss. Zool. IX. p. 139, 141; *Welcker*, in Zeitschr. f. rat. Medicin Bd. VIII. (1857) p. 226; *H. Munk*, De fibra musculari Berol. 1859. Diss.; *T. Margo*, Ueb. d. End. d. Nerv. in d. querg. Muskelf. Pesth 1862; *W. Keferstein*, in *Müll.* Arch. 1859. p. 548; *W. Kühne*, in *Virch.* Arch. Bd. 27. St. 508, Bd. 28. St. 258, Bd. 29. St. 207 u. 433, Bd. 30. St. 187, Bd. 34. St. 412; Ueber die per. Endorgane der motorischen Nerven. Leipz. 1862; *J. Budge* in *Moleschott's* Untersuch. Bd. VI. p. 40, in *Virch.* Arch. XVII. p. 196 u. in *Henle's* Zeitschr. 1861. XI. p. 305; *A. Weismann*, in Zeitschr. f. rat. Med. 1860. Bd. 10. p. 263; *Beale*, in Phil. Transact. 1860. II. p. 611, 1862. II. p. 889, Quart. Journ. of micr. Science 1864; *Kölliker*, in Würzb. naturw. Zeitschr. Bd. III. S. 1. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XII. St. 149, Proc. of the Roy. Soc. Mai 1862;

F. E. Schulze, in *Müll.* Arch. 1862. St. 385; *Ch. Rouget*, Journal de la phys. 1863. p. 459 u. 574; *W. Krause*, in Z. f. rat. Med. Bd. 21. 23, in Gött. Nachr. 1863 Nr. 2 u. 3; *W. Engelmann*, Untersuchgn. über den Zusammenhang zwischen Nerven- u. Muskelfaser. Leipzig 1863, in Jen. Zeitschr. 1864, St. 322; *W. Waldeyer*, in Med. Centralbl. 1863. Nr. 24, 1865. Nr. 7, *Virch.* Arch. Bd. 34, St. 473; *J. Cohnheim*, in *Virch.* Arch. Bd. 34. St. 194; *Greeff*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 1. St. 113 u. 437; *Dönitz*, in *J. Müll.* Arch. 1871; *Du Bois-Reymond*, Berl. Akad.-Ber. 1871; *Sachs*, in *J. Müll.* Arch. 1872; *Riedel*, in Unters. d. a. Inst. zu Rostock 1874; *Calberla*, im Mikr. Arch. XI. 1875; *E. Meyer*, in *Reich.* Arch. Bd. XI. 1875 (rothe u. weisse Muskeln); *Biedermann*, in Wien. Ber. 1876 u. 1887; *Chittenden*, in Unters. Heidelb. phys. Instit. Bd. III. 1879 (Sarcolemm); *Golgi*. in Ann. univ. 1880 u. Rendic. Ist. Lomb. Vol. 13; *Grützner*, in Rec. zool. Suisse I. 1884 (rothe u. weisse Muskeln); *Limbeck*, in Wien. Ber. 1885; *Milland*, in Quart. Journal 1885; *Paneth*, in Wien. Ber. 1885 u. Anat. Anz. 1887. 105; *Marshall C. J.*, in Quart. Journ. 1887; *Felix*, in Festschr. f. *A. Kölliker* 1887, Anat. Anz. 1888, Zeitschrift f. wiss. Zool. 1889; *Köhler R.*, in Compt. rend. 1887 u. Journ. de l'Anat. 1887; *S. Mayer*, im Biol. Centralbl. Bd. IV.; *Exner*, in *Pflüg.* Arch. 1887; *Ranvier*, in Compt. rend. 104. 1887 (rothe u. weisse Muskeln); *Macallum*, in Quart. Journ. Vol. XXVII. 1886; *Ramón y Cajal*, in Internat. Monatschr. Bd. V. u. Rivista trimestr. de Histol. 1888 (Herzmuskeln); *Ciaccio*, Notom. d. q. musc. che negl' insetti muovono le ali Bologna 1887; *Rollet*, in Mikr. Arch. Bd. 32 1888; *Schneider A.*, in s. Beiträgen Bd. II.; *Rouget*, in Compt. rend. T. 105; *Exner*, in *Pflüg.* Arch. 40. 1887; *Negro*, in Arch. ital. de Biol. IX. 1887; *Mingazzini*, in Bull. d. l. Soc. d. natur. de Naples 1888; *Spalteholz*, in Leipz. Abh. XIV. 1888; *v. Gehuchten*, in Anat. Anz. 1889. — Von den Nerven der Muskeln und Sehnen handeln: *Krause*, die mot Endplatten 1869, enthält die Litteratur bis zum Jahr 1869; *Arndt*, in Mikr. Arch. 1873; *J. Gerlach*, in Erlanger Ber. 1873, d. Verhältniss der Nerven z. d. willk. Muskeln, Leipzig 1874 u. Mikr. Arch. XIII. 1876; *Sokolow*, Arch. de Phys. 1874; *Calberlo*, in Z. f. wiss. Zool. Bd. 24. 1874; *Sachs*, in *Reich.* Arch. 1874, 1875; *Fischer*, in Mikr. Arch. XIII. 1876; *Ewald*, in *Pflüg.* Arch. XII. 1876; *Rollet*, in Wien. Ber. 1876; *Rauber*, in Ber. d. Leipziger naturf. Ges. 1876 u. in Festschr. f. *Bischoff* 1883; *Ciaccio*, in Mem. di Bologna VIII. 1876, Rendiconti 1882, Journ. de microgr. 1882 u. Arch. ital. de Biol. III., Mem. d. Bol. 1883 T. IV., 1887 T. VIII.; *Odenius*, in Nord. med. archiv. IV.; *Tschiriew*, in Arch. d. phys. VI. 1879; *Golgi*, in Turiner Mem. Bd. XXIII. 1880; *Flesch*, in Würzb. Ber. 1880 u. Berner Mitth. 1884; *Wolf W.*, in Mikr. Arch. Bd. XIX. 1880; *Föttinger*, in Arch. d. Biolog. I. 1880 u. Unters. d. Utrecht. Labor. V.; *Viallanes*, in Gaz. med. 1880 u. Rech. s. l. terminais. nerv. chez. les insectes, Thèse. 1881; *Marchi*, in Arch. f. Ophthalm. Bd. 28. 1881; *Bremer*, in Mikr. Arch. Bd. 21. 1882; *Rossi*, in Mem. di Bologna 1883; *Ramón y Cajal*, Estudios anatomicas, Zaragoza 1881; *Gessler*, in Deutsch. Arch. f. kl. med. Bd. 33, 1883 u. die mot. Endplatten, Leipzg. 1885; *Krause*, in Internat. Monatsschr. I. 1885, V. 1888; *Mays*, in Zeitschr. f. Biol. XX. 1885, XXII. 1886 u. über d. Nervatur des Rectus abdom. d. Frosches, Heidelb. 1886; *Sandman*, in Arch. f. Phys. 1885; *Trinchese*, in Atti d. Acc. d. Lincei I. 1885 u. Arch. ital. d. Biol. 1886; *Miura*, in *Virch.* Arch. Bd. 105. 1886; *Kühne*, in Zeitschr. f. Biologie Bd. 23. 1887; *Babinski*, in Compt. rend. de la soc. de Biologie 18. Dec. 1868, pg. 629; *Gabbi*, in Bull. d. Soc. entomol. ital. XVIII. 1886; *Roth Wl.*, im Med. Centralbl. 1887; *Cattaneo*, Degli Org. nerv. term. musc.-tendinei 1887; *Sihler*, in Stud. from the Biol. Labor. of the *J. Hopkins* Univ. Vol. III. 1885; *Kerschner*, im Anat. Anz. 1888, Nr. 4, 5, 10.













